

# BIOTA COLOMBIANA

ISSN 0124-5376

Volumen 13 • Número 2 • Julio - diciembre de 2012  
Especial Bosque Seco en Colombia

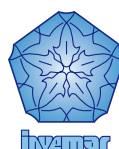
Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano)

Dinámica del Cauc...  
Colombia...  
Colombia...  
Cauca...  
su flora a...  
(Bs-T) de...  
en la eco...  
Anfibios...  
y la Cié...  
*farnesian*...  
invasivo...  
caracol a...  
Achatini...  
plantas v...  
departam...  
de un frag...  
de la vege...  
fragment...  
del Valle...  
(Hymenoptera: Formicidae) del Bosque seco Tropical (Bs-T) de la cuenca alta d



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
SEDE BOGOTÁ

Instituto de Ciencias Naturales



Missouri  
Botanical  
Garden

**Biota Colombiana** es una revista científica, periódica-semestral, arbitrada por evaluadores externos, que publica artículos originales y ensayos sobre la biodiversidad de la región neotropical, con énfasis en Colombia y países vecinos. Incluye temas relativos a botánica, zoología, ecología, biología, limnología, pesquerías, conservación, manejo de recursos y uso de la biodiversidad. El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

**Biota Colombiana** incluye, además, las secciones de Notas y Comentarios, Reseñas y Novedades Bibliográficas, donde se pueden hacer actualizaciones o comentarios sobre artículos ya publicados, o bien divulgar información de interés general como la aparición de publicaciones, catálogos o monografías que incluyan algún tema sobre la biodiversidad neotropical.

**Biota colombiana** is a scientific journal, published every six months period, evaluated by external reviewers which publish original articles and essays of biodiversity in the neotropics, with emphasis on Colombia and neighboring countries. It includes topics related to botany, zoology, ecology, biology, limnology, fisheries, conservation, natural resources management and use of biological diversity. Sending a manuscript, implies a the author's explicit statement that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

**Biota Colombiana** also includes the Notes and Comments Section, Reviews and Bibliographic News where you can comment or update the articles already published. Or disclose information of general interest such as recent publications, catalogues or monographs that involves topics related with neotropical biodiversity.

**Biota Colombiana** es indexada en Publindex (Categoría B), Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's y Ebsco.

**Biota Colombiana** is indexed in Publindex, Redalyc, Latindex, Biosis: Zoological Record, Ulrich's and Ebsco.

**Biota Colombiana** es una publicación semestral. Para mayor información contáctenos / **Biota Colombiana** is published two times a year. For further information please contact us.

[www.siac.net.co/biota/](http://www.siac.net.co/biota/)  
[biotacol@humboldt.org.co](mailto:biotacol@humboldt.org.co)

#### **Comité Directivo / Steering Committee**

Brigitte L. G. Baptiste	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Germán D. Amat García	Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia
Francisco A. Arias Isaza	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés", Invemar
Charlotte Taylor	Missouri Botanical Garden

#### **Editor / Editor**

Carlos A. Lasso	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
-----------------	--

#### **Editor invitado / Guest editor**

Wilson Ramírez	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
----------------	--

#### **Comité Científico Editorial / Editorial Board**

Adriana Prieto C.	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Ana Esperanza Franco	Universidad de Antioquia
Arturo Acero	Universidad Nacional de Colombia, sede Caribe.
Cristián Samper	WCS - Wildlife Conservation Society
Donlad Taphorn	Universidad Nacional Experimental de los Llanos (Venezuela)
Francisco de Paula Gutiérrez	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Gabriel Roldán	Universidad Católica de Oriente
Hugo Mantilla Meluk	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
John Lynch	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Jonathan Coddington	NMNH - Smithsonian Institution
José Murillo	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Juan A. Sánchez	Universidad de los Andes
Paulina Muñoz	Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia
Rafael Lemaitre	NMNH - Smithsonian Institution
Reinhard Schnetter	Universidad Justus Liebig
Ricardo Callejas	Universidad de Antioquia
Steve Churchill	Missouri Botanical Garden
Sven Zea	Universidad Nacional - Invemar

#### **Asistencia editorial - Diseño / Editorial Assistance - Design**

Susana Rudas Lleras	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
---------------------	--

Impreso por ARFO - Arte y Fitolito  
Impreso en Colombia / Printed in Colombia

Revista *Biota Colombiana*  
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt  
Teléfono / Phone (+57-1) 320 2767  
Calle 28A # 15 - 09  
Bogotá D.C., Colombia

---

## Presentación

---

Teniendo en cuenta la amplia diversidad ecosistémica de nuestro país y el actual escenario de transformación de los sistemas naturales, es necesario ampliar la base de conocimiento científico de aquellos ecosistemas que se encuentran en mayor situación de amenaza, como el bosque seco tropical. Este ecosistema plantea una situación especial para el país, ya que por un lado se encuentra muy fragmentado debido a que ha perdido la mayor parte de su distribución original en el territorio, sumado a una escasa representatividad en el sistema de áreas protegidas; y por otro ha recibido históricamente un bajo interés por parte de la comunidad científica, la cuál ha enfocado tradicionalmente sus investigaciones en otros ecosistemas como selvas húmedas y páramos. Esta situación crea la necesidad imperiosa de aumentar las actividades de preservación y restauración en las porciones remanentes de bosque seco, pero con una base de información científica, que en muchos casos es escasa o prácticamente nula.

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt siempre ha considerado dentro de su agenda de investigación estos bosques. Recientemente, de la mano con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha trabajado en el desarrollo de un portafolio de restauración para los bosques secos del país, con lineamientos básicos que faciliten la toma de decisiones, principalmente a una escala regional. Sin embargo aún existen vacíos de información científica, lo que nos ha motivado a preparar este número especial de *Biota Colombiana* dedicado a los bosques secos, con información que aporte a la gestión integral de este ecosistema.

Esperamos que este trabajo sea del agrado de todos ustedes y que se constituya en una herramienta de referencia para la comunidad científica y los tomadores de decisiones que se encuentran trabajando en relación con este valioso ecosistema. Agradecemos al Comité Directivo, Comité Científico Editorial y a todos los evaluadores anónimos. Agradecimiento especial al Editor invitado, Dr. Wilson A. Ramírez y a Hernando García, por su apoyo en este proceso.

**Brigitte L. G. Baptiste**  
Directora General

**Carlos A. Lasso**  
Editor *Biota Colombiana*

**Wilson A. Ramírez**  
Editor invitado

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos  
Alexander von Humboldt

---

## Prólogo

---

Hay un amplio consenso acerca de que los bosques secos tropicales con estacionalidad (lluvias-sequía) son los más amenazados en el mundo, pero a pesar de esto han sido menos estudiados por los científicos y conservacionistas que dedican más esfuerzos a su primo más glamoroso, el bosque tropical lluvioso.

La conservación de estos bosques únicos dependerá de un mejor conocimiento biológico sobre la composición y la distribución de su flora y fauna, así como de los procesos ecológicos que gobiernan el funcionamiento del bosque seco tropical. Todos estos asuntos son tratados en este número especial de *Biota Colombiana*, que incluye información sobre la flora, fauna y la ecología de los bosques secos tropicales de Colombia.

La destrucción masiva de los bosques secos tropicales en la América se debe en parte a sus suelos, normalmente fértiles y muy aptos para la agricultura. La conversión de estos bosques ha ocurrido en algunos casos durante miles de años. Esto significa que en muchas regiones solo quedan fragmentos del bosque original y el estado del bosque seco tropical en Colombia no es una excepción. Por ejemplo, Arcila-Cardón y colaboradores muestran que queda menos del 2% del bosque seco tropical de la cuenca alta del río Cauca y que estos fragmentos tienen un tamaño promedio de apenas 6 ha. Dicha situación ilustra claramente la necesidad urgente de conservar estos parches remanentes.

En una escala continental los bosques secos tropicales de Colombia ocupan una posición intermedia entre los principales bloques de bosque de Mesoamérica, las Islas del Caribe y los del sur en Perú, Bolivia, Brasil y Argentina. El análisis fitogeográfico preliminar de la flora del bosque seco tropical sugiere que las relaciones de los bosques secos tropicales colombianos son todavía inciertas. Su afinidad más cercana podría ser con Mesoamérica y el Caribe, pero la correlación es débil y hay una necesidad clara de más información. Ese tipo de base de datos más amplia, se recoge en las contribuciones a este número de la revista, que presenta inventarios de las plantas de los bosques secos tropicales de los departamentos de Bolívar, Atlántico y Valle del Cauca; anfibios de Sucre y la cuenca alta del río Magdalena; las hormigas del alto Cauca y otra información sobre especies introducidas. Tal conocimiento de la composición taxonómica de la flora y fauna es fundamental para adelantar los estudios de la conservación y uso sostenible de los bosques.

El siguiente paso es analizar estas bases de datos, buscando patrones de diversidad, endemismo y distribución, porque idealmente las áreas de conservación deben incluir la máxima diversidad y endemismo. A escala nacional algunas de las contribuciones proveen interesantes “fotografías instantáneas” de la distribución de la biodiversidad en los bosques secos tropicales colombianos. Por ejemplo, Acosta Galvis demuestra que mientras el 55% de las especies de anfibios en los bosques secos del valle del río Magdalena son compartidas con la costa del Caribe, numerosas especies caribeñas no alcanzan a llegar a los bosques interiores del valle del río Magdalena. Chacón de Ulloa y colaboradores muestran que la mayor diversidad de hormigas (93% de todas las especies) se encuentra en fragmentos de bosque seco tropical del alto Cauca, mientras que la menor diversidad se observa en las áreas adyacentes intervenidas, llamando así la atención de la importancia de conservar esos fragmentos de bosque original así sean pequeños. Los científicos colombianos deben hacer, cuando sea posible, un mayor esfuerzo para

analizar en un contexto más amplio a nivel continental, los datos que ya se están generando. De esta manera se entendería mejor cuales especies son únicas para el país y que por lo tanto merecerían prioridad a escala internacional.

Dado el tamaño pequeño de los fragmentos de bosque seco tropical que quedan en Colombia, su conservación efectiva dependerá de entender su ecología y dinámica. En ese sentido aquí se presentan estudios de Torres y colaboradores para del Valle del Cauca y por Valencia y colaboradores, para el área de Chicamocha. Debido al estado muy intervenido y altamente fragmentado de los bosques secos tropicales, estos son más vulnerables a la invasión por especies exóticas. Una historia que muestra la rapidez con que eso puede ocurrir, se encuentra en la contribución de López Camacho y colaboradores, quienes documentan la dispersión de *Acacia farnesiana* en la Isla de Providencia. Esa especie llegó en el 2004-2005, en material importado para construir una pista de aterrizaje en el aeropuerto de la Isla. Valencia y colaboradores documentan también como *Lippia origanoides*, especie muy agresiva, invade los bosques secos tropicales de la región de Chicamocha. Por último, De La Ossa y colaboradores reportan la presencia del caracol gigante africano (*Achatina fulica*) en la región Caribe.

Si vamos a conservar lo que queda del bosque seco tropical, los científicos de la biodiversidad están obligados a presentar información que tenga relevancia en la conservación y tanto los científicos como los conservacionistas, deben mostrar al público y a las personas que toman las decisiones, la importancia de estos bosques. Este número especial de Biota Colombiana es una importante contribución al conocimiento sobre la biodiversidad de los bosques secos tropicales colombianos e incluye información vital para la biología de la conservación. Aplaudo a los editores de este libro y a todos los autores por su valioso trabajo.

**Dr. Toby Pennington**

Sección de Diversidad Tropical  
Jardín Real de Edinburgo  
Reino Unido

---

## Preface

---

Seasonally dry tropical forests are widely agreed to be the most endangered tropical forest type in the world, and they have suffered by receiving less attention from scientists and conservationists than their more glamorous cousin, the rain forest. Conservation of these unique forests will depend on better basic biological knowledge about the composition and distribution of their flora and fauna and the ecological processes that govern the dry forest system. All these issues are addressed in this important volume of *Biota Colombiana*, which brings under one cover information about the flora, fauna and ecology of the dry forests of Colombia.

The massive destruction of tropical dry forests in the Americas is partly due to their generally fertile soils that are highly suitable for agriculture, and conversion of these forests has in some cases taken place over millennia. This means that in many regions only tiny fragments remain. The state of dry forest in Colombia is no exception. For example, in this volume, Arcila Cardona *et al.* show that less than 2% of the dry forests of the cuenca alta del río Cauca remain, with a mean size of the remaining fragments of 6 ha. This is a graphic illustration of the urgency of conservation of these last, small remaining patches.

At a continental scale, the dry forests of Colombia occupy an intermediate position between the main dry forest blocks of Mesoamerican and the Caribbean islands, and those of the south in countries including Perú, Bolivia, Brazil and Argentina. Preliminary phytogeographic analyses of the flora of neotropical dry forests suggest that the relationships of Colombian dry forests are somewhat uncertain. Their closest affinities may lie with Mesoamerica and the Caribbean, but the relationship is weak, and there is clearly a need for more data. Such an improved dataset is provided by papers in this volume that give inventories of plants for dry forests in Bolívar, Atlántico and Valle del Cauca. In addition, other papers catalogue amphibians for Sucre and the upper Magdalena valley, and ants for the alto río Cauca. Such knowledge of the taxonomic composition of flora and fauna is fundamental to further studies of conservation and sustainable use.

A next step is to analyse such inventory data for patterns of diversity, endemism and distribution because, ideally, conservation areas should protect maximum diversity and endemism. At a national scale, some of the papers in this volume provide some interesting snapshots of the distribution of biodiversity in Colombian dry forests. For example, Acosta Galvis demonstrates that whilst 55% of amphibian species in the dry forests of the Magdalena valley are shared with the Caribbean coast, numerous Caribbean species do not reach the forests in the interior of the Magdalena valley. Chacon de Ulloa *et al.* show that by far the highest diversity of ants (93% of total species) is found in dry forest fragments in the alto río Cauca, with far lower diversity found in surrounding disturbed areas, underlining the importance of conserving the remaining fragments of dry forest, however small. A future research program for Colombian biodiversity scientists should be, wherever possible, to try to analyse their data at a wider, continental scale. It will be important to understand exactly which Colombian species are unique to the country, and therefore priorities for conservation at an international scale.

Given the small size of the remaining fragments of Colombian dry forest, their effective conservation will depend upon understanding their ecology and dynamics. Useful studies are provided here by Torres *et al.* for the Cauca

valley and Valencia *et al.* for the Chicamocha area. Because of the highly disturbed and fragmented nature of tropical dry forests, they are also vulnerable to invasion by non-native species. An account of how quickly this can happen is given by Lopez Camacho *et al.*, who document the rapid spread of *Acacia farnesiana* on Providencia island. This species arrived only in 2004-05 in soil imported to construct an airport. Valencia *et al.* also document how aggressive *Lippia origanoides* can be in the dry forests of the Chicamocha región. Similar information is provided by De La Ossa *et al.* about the introduction of the African giant snail (*Achatina fulica*) in the Caribbean coast of Colombia.

If we are to conserve the remaining areas of dry forests , biodiversity scientists must provide information of relevance to conservation, and both scientists and conservations need to highlight the importance of these forests to the public and decision makers whenever they can. This volume is an important contribution to the knowledge of the biodiversity of Colombian dry forests, which is full of information that is vital to conservation biology. I applaud the editors of this volume, and all the authors, for their valuable work.

**Dr. Toby Pennington**

Tropical Diversity Section  
Royal Botanic Garden Edinburgh  
Edinburgh, UK

---

# Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia

Janice Valencia-Duarte, Ledy N. Trujillo Ortiz y Orlando Vargas Ríos

---

## Resumen

Se presenta una aproximación a las dinámicas que determinan la distribución actual de la vegetación en el enclave semiárido del cañón del río Chicamocha (sector de Pescadero), Colombia. El régimen de disturbios genera diversos patrones sucesionales en un ambiente de alta heterogeneidad espacial y temporal. Los principales tipos de dinámicas y cambios de la vegetación están relacionados con disturbios tales como deslizamientos o remoción de suelo en áreas de laderas, pastoreo no estabilizado de cabras, agroecosistemas en terrazas cuaternarias y fluctuaciones en los niveles del río. En el caso de los deslizamientos se presentan procesos de sucesión diferentes en zonas de pendientes altas y en zonas de pendientes bajas. A partir de esto se evaluaron áreas con sucesiones primarias presentadas luego de los deslizamientos y las fluctuaciones del río, sucesiones secundarias producto de agricultura y sucesiones-regeneraciones en laderas con pastoreo de cabras. El pastoreo de cabras es un disturbio continuo y más determinante en la transformación de las comunidades vegetales por pérdida de elementos arbóreos y aumento de la abundancia de especies poco palatables. Se encontró que en las laderas de alta y baja pendiente domina *Lippia origanoides*, formando extensas matrices homogéneas que se mezcla con parches de *Prosopis juliflora* y *Stenocereus griseus* en la base de laderas con pendiente baja y en conos producidos por deslizamientos. El uso de la tierra para agricultura en laderas de pendiente baja y en terrazas, forma dinámicas relacionadas con los tipos de cultivo de ciclo corto. La dinámica relacionada con las fluctuaciones estacionales en el nivel de las aguas del río Chicamocha, genera la colonización de especies de ciclo de vida corto y bajos requerimientos en la estructuración de su micro-hábitat. Finalmente se presenta un esquema conceptual para la interpretación de la degradación de los bosques secos y su relación con los fenómenos de aridización.

**Palabras clave.** Zonas áridas. Dinámica de la vegetación. Parches de vegetación. Enclave árido.

## Abstract

We present an approach to the dynamics that determine current distribution of vegetation in the semiarid enclave Canyon Chicamocha River (Pescadero sector). The disturbance regime determine different successional patterns in a high spatial and temporal heterogeneity. The main types of dynamics and vegetation changes are related to disturbances such as landslides or soil removal in hillside areas, grazing goats estabilizado not, agroecosystems Quaternary terraces and fluctuations in river levels. In the case of landslides are different processes in succession high slopes areas and in areas of low slopes. We evaluated areas with primary successions submitted after landslides and river fluctuations, secondary successions agricultural product, and estate regeneration on slopes with grazing goats. The grazing of goats is a continuous disturbance and more decisive in the transformation of plant communities for loss of tree elements and increasing the abundance of unpalatable species. We found that on the slopes overlooking *Lippia origanoides*, forming extensive homogeneous matrix and mixed with



patches of *Prosopis juliflora* and *Stenocereus griseus* slopes at the base of sloping floor or cones produced by landslides. The use of agricultural land on slopes low and terraced dynamics is related to the types short cycle crop. The dynamics associated with seasonal fluctuations in the water level of the river Chicamocha generates colonizing of short life cycle species and low requirements in structuring their micro-habitat. Finally, we present a conceptual model for the interpretation of the dry forest degradation and its relationship with the aridity phenomena.

**Key words.** Arid landscapes. Vegetation dynamics. Patch of vegetation.

## Introducción

Las dos fuerzas principales que modelan los paisajes y que generan diferentes escalas de heterogeneidad son los disturbios y la sucesión. Los disturbios causan los cambios temporales más rápidos en los patrones de paisaje (Huston 1994), por consiguiente, el carácter dinámico de los ecosistemas terrestres es una función del régimen de disturbios naturales y antrópicos que operan en un amplio rango de escalas espacio-temporales (White y Pickett 1985). En las zonas áridas y áreas degradadas del bosque seco las transiciones catastróficas de la vegetación ocurren por la pérdida de alguno de sus estratos. Es muy común el reemplazo de gramíneas por arbustos espinosos ampliamente espaciados o por suelo desnudo (Bestelmeyer *et al.* 2006, Browning *et al.* 2011). En áreas degradadas de bosque seco se presenta el reemplazo de árboles por arbustos, con alta proporción de suelo desnudo. La vegetación se presenta en parches con predominio de arbustos de leguminosas y cactáceas, proceso que se conoce como aridización. Estas trayectorias de la vegetación son irreversibles debido a la magnitud de impactos como el pastoreo y la erosión hídrica, que conllevan a una pérdida de la fertilidad del suelo y de la biodiversidad local y regional.

En cualquier ecosistema, incluyendo las zonas áridas, los factores ambientales, topográficos y edáficos son determinantes en la distribución de la vegetación, así

como en el impacto que genera el régimen de disturbios naturales y antrópicos sobre la misma. En las zonas áridas los factores ambientales más importantes son el régimen hídrico y eólico. El agua es uno de los factores más condicionantes de la presencia de la vegetación en los ecosistemas áridos, y es el recurso limitante para la colonización y permanencia de las especies (Austin *et al.* 2004). Estos regímenes condicionan el clima de un lugar y determinan la distribución de los recursos (D'Odorico *et al.* 2006). En los enclaves áridos, como el cañón del río Chicamocha, el factor topográfico juega un papel predominante.

La disponibilidad y forma como se distribuyen los recursos en el ecosistema es determinante en la conformación de los patrones y trayectorias de la vegetación. La topografía es el factor más importante en la distribución y circulación del agua y los nutrientes y por consiguiente en la conformación de los suelos. Los factores antrópicos influyen sobre la transformación del entorno a pequeña, mediana o gran escala, generando patrones de cambio sobre la topografía, las áreas de escorrentía y los espacios de acumulación de nutrientes, de depósito y germinación de semillas (Aguilar y Sala 1999, Seghieri y Galle 1999, Ludwig *et al.* 2005).

Las zonas secas están asociadas a grandes centros poblacionales y han sido explotadas por cientos de años para diferentes propósitos en América (Murphy y Lugo 1986, Maas 1995). Además de la conversión a pasturas y agricultura, muchas de estas áreas de matorrales y bosques han sido explotados para "leñateo" lo cual causa un efecto importante sobre la vegetación, dado que la tasa de producción de madera es 50% más lenta que en los bosques húmedos tropicales. Esto se explica por la escasa disposición de agua, baja tasa de crecimiento de plántulas, débil resistencia al disturbio y menor complejidad estructural de la comunidad. Los procesos de fragmentación y "leñateo" del bosque seco han estimulado la frecuencia y magnitud de los disturbios, generando cambios significativos en el régimen de los mismos. Como consecuencia, el bosque seco es uno de los ecosistemas tropicales más afectados y su transformación ha conllevado a la aridización de extensas zonas (Hernández-C. *et al.* 1995).

Según Hernández-C. *et al.* (1995), las etapas sucesionales del bosque seco tropical altamente degradado en la región del Caribe colombiano ha dado paso a la vegetación subxerofítica y ésta a su vez al ser degradada es remplazada por vegetación xerofítica. En Colombia los remanentes de bosque seco se localizan en áreas de intenso uso ganadero y agrícola como es el caso de los valles interandinos. Las formaciones xerofíticas han sido expuestas a procesos intensos de conversión, siendo el pastoreo de ganado caprino y vacuno y la agricultura intensiva actividades humanas, las que más han aportado a la degradación. El resultado de estas transformaciones trae consigo un proceso de desertificación el cual se ve reflejado en la pérdida de cobertura vegetal, pérdida del suelo por erosión, simplificación de las características vegetativas de la comunidad, trastornos en el ciclo hídrico y cambios en las propiedades de albedo del suelo (Ezcurra 1994).

Una revisión de la estructura de los ecosistemas áridos en el mundo plantea que la vegetación se presenta en mosaicos de parches compuestos por diversas especies que se hallan inmersos en una matriz homogénea que puede ser suelo desnudo o estar dominada por una especie (Montaña 1992, Aguilar y Sala 1999). La formación de parches en zonas áridas puede estar determinada por la presencia de remanentes de vegetación, los cuales amortiguan las drásticas condiciones y benefician el establecimiento y desarrollo de plántulas (Maestre *et al.* 2003). También puede presentarse la colonización de áreas desnudas por especies resistentes a las condiciones drásticas del suelo (p.ej. cactáceas y leguminosas leñosas), las cuales van mejorando las micro-condiciones ambientales. La colonización trae consigo la acumulación de materia orgánica, la cual ayuda a la formación de sistemas de raíces al aumentar la cantidad de nutrientes del suelo y a mejorar la estructura del mismo. Además, la colonización en los parches mejora con el aumento de partículas transportadas por el agua, las cuales aumentan la micro-heterogeneidad del suelo y por consiguiente los micro-sitios de germinación y establecimiento (Montaña 1992).

La forma y tamaño de los parches, así como su composición y riqueza florística, están determinados por factores físicos como la pendiente, la

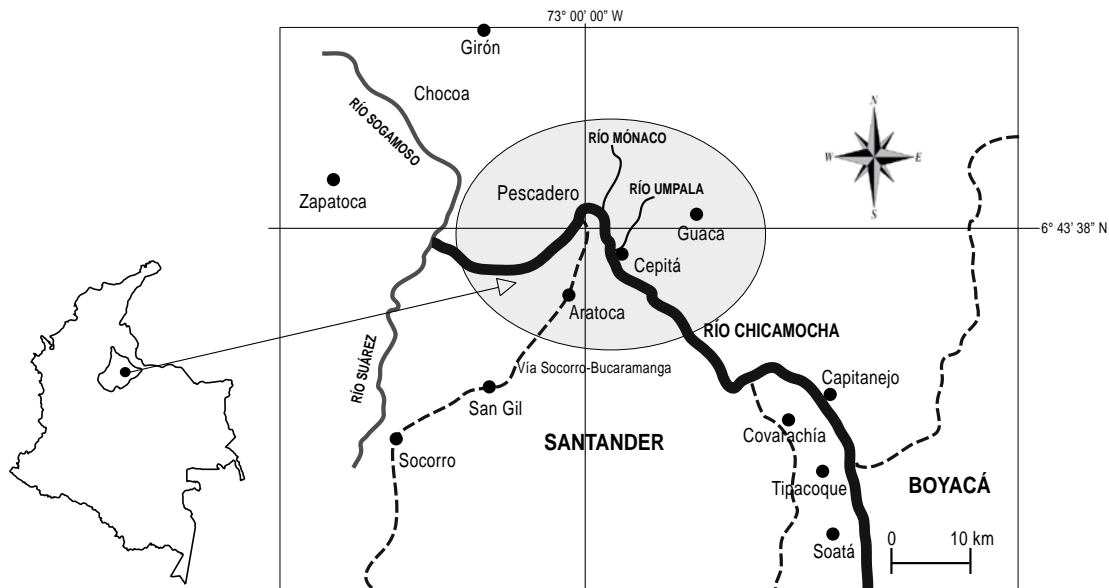
heterogeneidad edáfica, el nivel freático del suelo y lluvia interceptada por la vegetación, entre otras, mientras que su dinámica está determinada por el tipo e intensidad de disturbios antrópicos y naturales que soporta. La formación de los parches está también determinada por la dinámica del banco de semillas de especies colonizadoras y la herbivoría de individuos jóvenes (Montaña 1992). La forma de los parches se ve fuertemente influenciada por el efecto del pastoreo, ya que el ramoneo de la vegetación al interior de los parches genera disminución de la cobertura vegetal, favoreciendo el aumento de evaporación y transpiración que se ve reflejado en la disgregación y reducción del tamaño de los parches. Adicionalmente, el pisoteo genera compactación del suelo en la matriz de baja cobertura, reduciendo la infiltración del agua y aumentando la escorrentía (Aguilar y Sala 1999). Browning *et al.* (2011) identifican tres mecanismos asociados con los cambios estructurales de los parches: colonización de un nuevo parche, aumento y disminución del área del parche y estabilidad del parche.

En el presente estudio se evalúa la distribución actual de la vegetación en relación con los diferentes componentes del paisaje, para el enclave árido del río Chicamocha, sector de Pescadero y se analizan los principales tipos de dinámicas que la modelan a escala local y regional. En este estudio, la dinámica de la vegetación se estableció por evaluación sincrónica de parcelas o parches en diferentes estados de sucesión (Pickett 1989, Abreu *et al.* 2009).

## Material y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en el sector de Pescadero, parte media del cañón del río Chicamocha, localizado en el municipio de Piedecuesta, departamento de Santander, Colombia (Figura 1). La zona se encuentra en la vertiente occidental de la cordillera Oriental de los Andes colombianos, entre los 500 y los 1500 m de altitud y los 06°48'26" – 06°50'23" N y los 72°58'52" - 73°0'48" O. Tiene una temperatura promedio anual de 25°C y una precipitación media anual de 730 mm (Albesiano 1999, Albesiano *et al.*



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio. Sector de Pescadero, Santander, Colombia (Adaptado a partir de Díaz-Pérez *et al.* 2011).

2003, IGAC 2007) y según el sistema de clasificación de Holdridge, presenta las zonas de vida: monte espinoso premontano (me-PM) y bosque muy seco tropical (bms-T) (Espinal 1977).

Se reporta que los suelos de las áreas planas se formaron en el Pleistoceno con material de la cuenca alta del río Chicamocha. Estos suelos son fértiles de textura fina y altos niveles de pedregosidad. Presenta suelos de aluviones, entisoles regosólicos y suelos esqueléticos (Malagón *et al.* 1995, IGAC 2007). Los suelos son de origen ígneo metamórfico y presentan escasa materia orgánica. El cañón, cerca de los 500 m, está formado por conglomerados, areniscas y arcillas compactas y pizarrosas de origen subcretácico, correspondientes al piso Girón (IGAC 2007). Sobre ellas reposan rocas cretácicas de la formación conchal, seguidas por rocas sedimentarias de origen Cuaternario (Barremiano - Cenomiano), con arenas y arcillas conocidas como piso Villeta (1300-600 m) (IGAC 2007).

Las laderas que conforman el cañón del Chicamocha, sufren constantemente de deslizamientos producidos tanto por acción hídrica en la época lluviosa, como

por eventos sísmicos, dado que por el cañón cruzan múltiples fallas (IGAC 2007).

### Evaluación de la vegetación

En octubre de 2001 y julio de 2002, se estudió el efecto de los disturbios en el cambio de la vegetación luego de deslizamientos en laderas, fluctuaciones del cauce del río Chicamocha y sus afluentes, el uso de la tierra y el pastoreo de cabras.

En cada zona de disturbio se evaluó la composición florística por levantamiento de vegetación al 100%, se estableció cualitativamente la distribución de la vegetación existente y para las especies, se recogió información de la forma de crecimiento (Rangel y Velázquez 1997) y las estrategias de historia de vida a partir de observaciones de campo e información secundaria. Los muestreos de las especies se hicieron siguiendo la metodología y los procedimientos clásicos para la recolección y preparación del material botánico, el cual se depositó en el Herbario Nacional Colombiano (COL) bajo la numeración de S. Albesiano. La identificación de las especies se realizó

a través de consulta bibliográfica y especialistas del Herbario COL, el listado de familias sigue el sistema de clasificación APGIII.

Se estudiaron cinco deslizamientos con tres tiempos de colonización; los más recientes se encontraron en las laderas del valle formado por la quebrada Chinavega, los intermedios en las laderas cercanas al cauce del río Umpalá y los avanzados en las laderas cercanas al río Chicamocha. En cada uno de ellos se midió el tamaño del cono formado por el deslizamiento y se zonificó según la pendiente y el tipo de material rocoso. Todas las plantas del cono fueron evaluadas en un 100%, como se indicó arriba. Se estableció como la zona alta del derrumbe a aquella con pendientes superiores a 50° de inclinación de la superficie, como zona media a aquella con pendientes de 30° a 50° de inclinación, y como zona baja a pendientes menores de 30°. El tamaño de los sedimentos se clasificó para cada zona según la propuesta de Wentworth (1922, citado en Malagón *et al.* 1995). Asimismo, se elaboró un perfil idealizado para la vegetación encontrada en estos sitios.

Se estudiaron fotografías aéreas de los años 1984, 1989 y 1995 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de la zona en busca de la vegetación asociada a las riveras de la quebrada Chinavega y de los ríos Chicamocha y Umpalá. Sobre ellas se identificaron zonas estables, que no habían sufrido cambio en los últimos siete años, y zonas fluctuantes, donde se evidenciaban cambios en el curso de los cuerpos de agua. En campo, se establecieron tres parcelas de 50 m<sup>2</sup> en cada una de estas áreas y se evaluaron como se indicó anteriormente.

Las dinámicas relacionadas al pastoreo se evaluaron sobre las laderas del río Umpalá, en las rutas más frecuentadas por las cabras. Se evaluó el efecto del pastoreo sobre la vegetación por medio del seguimiento de los rebaños y el registro de las especies consumidas por éstas.

Los disturbios producidos por la implantación de agroecosistemas se evaluaron en parcelas destinadas al cultivo de “tabaco negro” (*Nicotiana tabaco*). Para esto, se evaluaron cuatro parcelas de 25 m<sup>2</sup>, tres en terrazas altas de las cuales dos estaban cultivadas con

tabaco de 30 y 75 días de crecimiento y una estaba en barbecho hacía seis meses, y en ladera, se realizó la cuarta parcela en un área con ocho meses de abandono.

## Resultados

Dentro de los resultados se establece la descripción de las áreas evaluadas en donde ocurren disturbios con magnitud y frecuencia diferente, determinantes en el cambio y modificación de las coberturas vegetales presentes en el paisaje. Asimismo, se presentan los resultados de la evaluación de la vegetación presente en los distintos escenarios del disturbio determinados por el tiempo de ocurrencia del mismo.

### Descripción de las áreas evaluadas

Los principales tipos de dinámicas se presentan en: 1) laderas, 2) terrazas de ríos y quebradas y 3) lechos de inundación estacional del río Chicamocha. Cada una de estas zonas presenta un régimen de disturbios particular, que genera mosaicos de parches en diferentes escalas espaciales y temporales.

#### 1. Laderas

Las laderas con pendiente alta tienen actualmente un régimen de disturbios dominado principalmente por deslizamientos, erosión y pastoreo de cabras.

Los deslizamientos y erosión de las laderas (Figura 2) son disturbios que se presentan regularmente en toda la región y ocurren por desprendimiento o caída repentina de rocas, flujos o coladas y reptación.

Estos deslizamientos forman conos en donde el material menos particulado se acumula en la base de las laderas.

Los deslizamientos son uno de los disturbios que más modifican los patrones de la vegetación. Se caracterizan por tener una forma de cono invertido que cubre desde áreas de pendiente alta, donde se originan, hasta áreas de pendiente baja, donde se detienen. Las partes de pendiente alta, presentan un sustrato fino con tamaño de partícula tipo gránulos y arenas (< que 4 mm), las partes media presentan guijas



**Figura 2.** Deslizamiento en el sector de Pescadero.

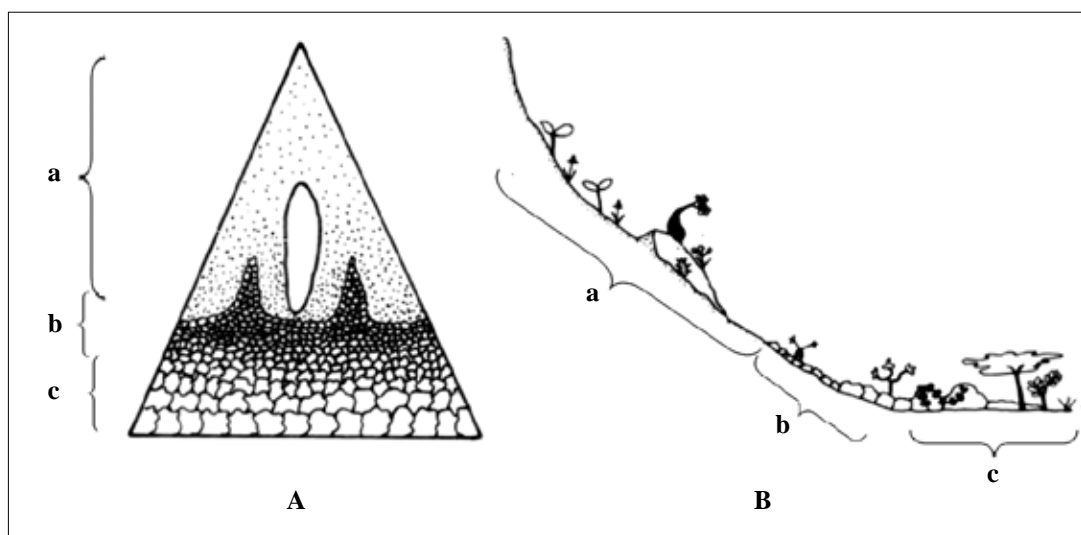
y guijarros (4-256 mm), y las partes bajas presentan fragmentos de gran tamaño tipo cantos (< a 256 mm). Dentro del cono de deslizamiento se pueden presentar islas de terreno no arrasado por el disturbio

y que constituyen un núcleo de vegetación con forma alargada (Figura 3). Estas islas de vegetación, así como la vegetación circundante son áreas potenciales de fuente de propágulos de especies para el proceso de colonización y a lo largo del proceso sucesional.

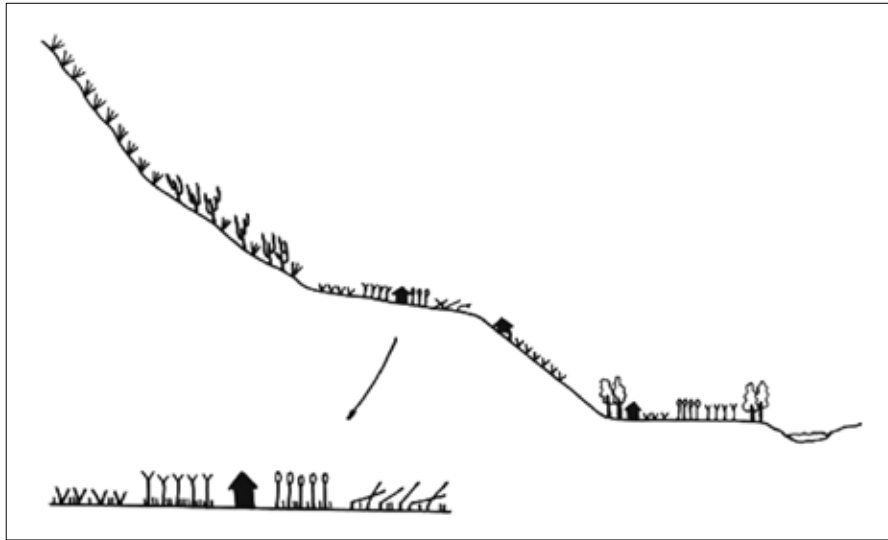
## 2. Terrazas formadas por el río Chicamocha

La agricultura intensiva se practica en las terrazas altas y bajas del río Chicamocha (Figuras 4 y 5), las cuales son áreas más ricas en nutrientes debido a la acumulación de sedimento que transporta el río y a la acumulación de nutrientes que escurren por la pendiente; también se realiza en las áreas más cercanas a la fuente de agua. Los sistemas agrícolas forman parches de cultivos y áreas en diferentes estados de abandono. La agricultura se hace en parcelas localizadas de forma permanente en terrazas aluviales altas o bajas y en menor proporción en parcelas esporádicas ubicadas sobre las laderas (agricultura itinerante).

En las terrazas los cultivos generan parches de forma rectangular, conformados por parcelas con diferente tiempo de cultivo ó abandono. En ellos se presenta una sucesión secundaria cíclica que depende altamente de la disponibilidad hídrica y del manejo



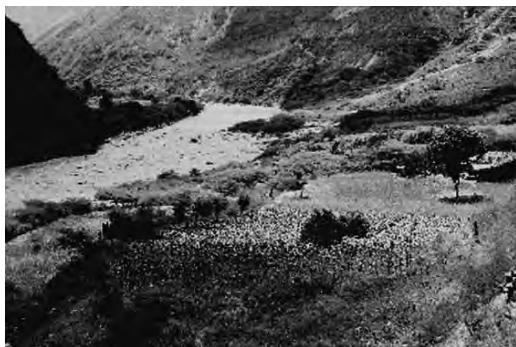
**Figura 3.** Representación idealizada de la vegetación en un deslizamiento, originado en áreas de pendiente alta. **A.** Zonas consideradas y evaluadas: **a.** pendiente fuerte; **b.** pendiente moderada; **c.** áreas planas. **B.** Representación idealizada de la vegetación a lo largo del área de deslizamiento. En la zona **a.** la especie dominante es *Calotropis procera*, en la **b.** *Cavanillesia chicamochae* y en la **c.** las especies son *Cnidioscolus tubulosus* y *Momordica charantia*.



**Figura 4.** Representación idealizada de la vegetación en agroecosistemas de terrazas en los ríos Umpalá y Chicamocha con diferentes pendientes.

dado al cultivo. El cultivo del tabaco, principalmente, tienen una tradición histórica de siembra periódica de manera que el banco de semillas en éstas parcelas se ha homogeneizado. Las parcelas están sometidas a deshierbe temporal en el inicio del ciclo del cultivo, el aumento del sombrero proporcionado por el cultivo, el riego permanente y los fertilizantes favorecen la germinación de plantas arvenses (De Bruijn y Bork 2006).

En laderas de pendiente baja y a pequeña escala, se practica una agricultura itinerante con la tala y quema de la vegetación leñosa. Esta práctica se presenta de forma esporádica y forma parches de

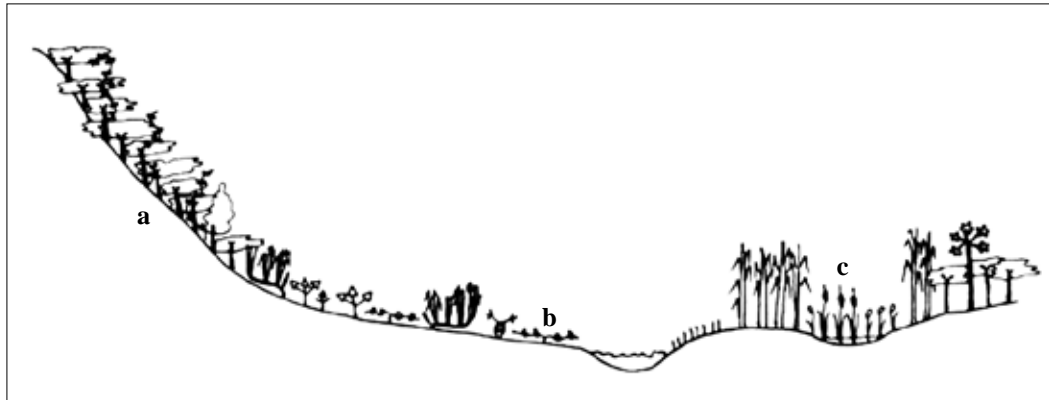


**Figura 5.** Terrazas del río Chicamocha con sistemas agrícolas.

cultivos pequeños, principalmente de tabaco y maíz. La transformación de los terrenos previo al cultivo se realiza en la región del Chicamocha de la siguiente manera: 1) corte de la vegetación y remoción de especies leñosas como el cují; 2) quema de la parcela en época seca; 3) descanso del suelo previo al cultivo; 4) en sitio planos se usa arado para remover el suelo; 5) siembra de los cultivos y cosecha durante los siguientes tres meses; 6) abandono de la parcela; y reinicia el ciclo después de varios años de descanso del suelo.

### 3. Lechos de inundación estacional del río Chicaocha

Las fluctuaciones del cauce del río Chicamocha y sus afluentes producen disturbios sobre la vegetación presente en las llanuras aluviales (Figura 6). Este disturbio estacional puede afectar completamente la vegetación o alterarla parcialmente al favorecer algunos individuos arbóreos o arbustivos de ciertas especies dominantes como *Prosopis juliflora* y arrasar los estratos herbáceos, dependiendo de la magnitud con la que se presente. Las comunidades presentes en las riberas del río son importantes en el mantenimiento de la diversidad en la zona y son fuente importante de semillas.



**Figura 6.** Representación idealizada de la vegetación en las riveras del río Chicamocha. **a.** Áreas con *Prosopis juliflora* como especie dominante. **b.** Áreas de inundación con *Gynerium sagittatum*, *Tessaria integrifolia* y *Phyla nodiflora*. **c.** Áreas encharcadas con *Typha latifolia*.

### Vegetación presente en los diversos escenarios evaluados

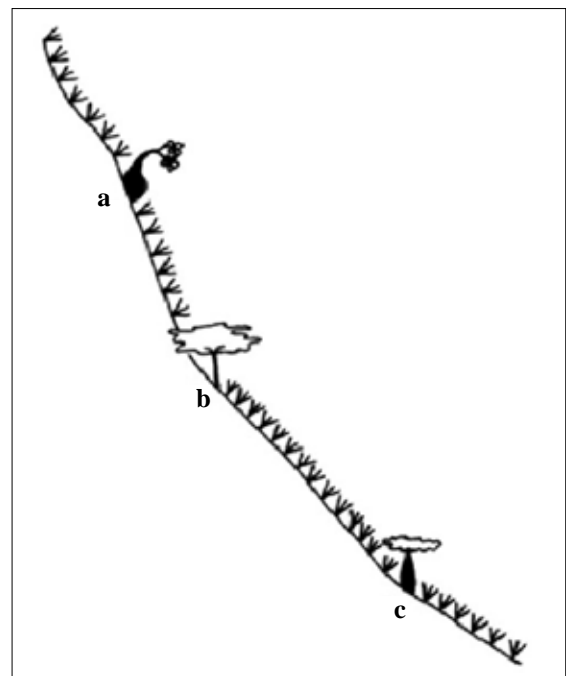
#### 1. Laderas de pendiente alta y baja

En zonas de pendiente alta se registraron 16 especies, algunas de ellas son: *Calotropis procera*, *Bouchea boyacana*, *Lippia organoides*, *Trixis inua* (Figura 7a), en zonas de pendiente media 40 especies, entre ellas *Bursera graveolens*, *Cheilanthes microphylla*, *Indigofera suffruticosa*, *Opuntia* sp., *Solanum crotonifolium*, *Wigandia urens* (Figura 7b); y en zonas de pendiente baja 33 especies (Figura 7c), tales como: *Cardiospermum coluteoides*, *Cestrum alternifolium*, *Cissus sicyoides*, *Lantana canescens*, *Phoradendron* sp., *Waltheria indica*.

Se encontraron 53 especies creciendo en los conos (Anexo 1), y se estableció que el número de especies es intermedio en etapas tempranas de sucesión (29 especies) mayor en la etapa intermedia (38 especies) y menor en la etapa sucesional más avanzada (18 especies). Esto se apoya en la hipótesis del disturbio intermedio (Bongers *et al.* 2009), ya que la abundancia de especies es mayor en áreas con tiempo intermedio de ocurrencia del disturbio, en donde las especies que han colonizado en condiciones iniciales han establecido micro-hábitats que favorecen el establecimiento de otras especies. Mientras que en áreas con etapas sucesionales más avanzadas la presencia de especies arbustivas que generan más sombra pueden excluir a

muchas especies de etapas iniciales e intermedias por competencia, reduciéndose así el número de especies presentes.

Al comparar los diferentes conos evaluados, se estableció que en los más antiguos presentan



**Figura 7.** Representación idealizada de la vegetación en áreas de pendiente alta (45-80%), con matriz de *Lippia organoides* e individuos leñosos dispersos según la pendiente: **a.** *Cavanillesia chicamochae*. **b.** *Prosopis juliflora*. **c.** *Bursera simaruba*.



**Figura 8.** a. Matriz del arbusto *Lippia organoides*. b. Individuos de *Lippia organoides* creciendo a distancias equidistantes. c. Conformación de un parche de *Stenocereus griseus* y *Prosopis juliflora* en una matriz de *Lippia organoides*. d. Cabras pastoreando en un parche de *Stenocereus griseus* y *Prosopis juliflora*.

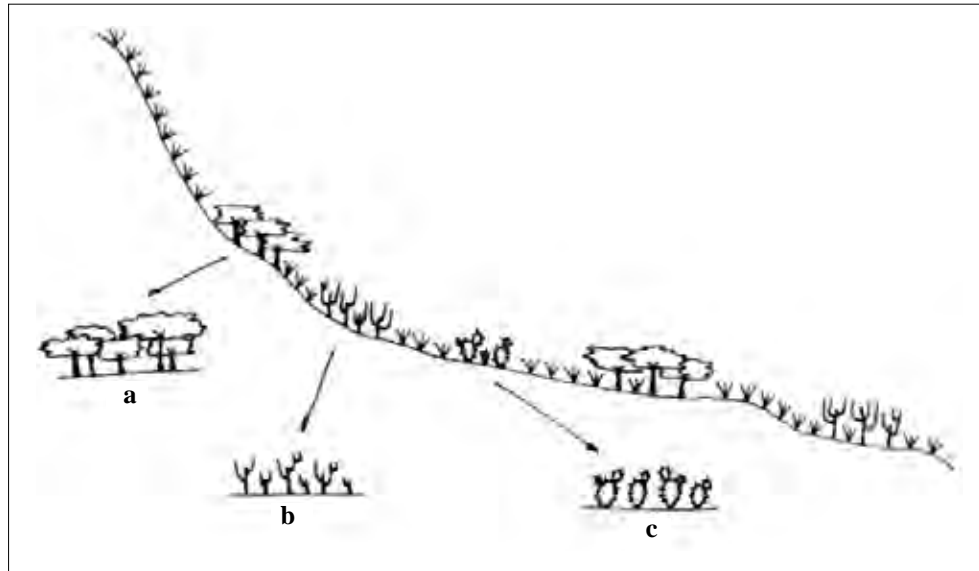
comunidades con estructura arbustiva y arbórea que conforman un dosel, principalmente en las zonas de pendiente baja, encontrándose especies como *Opuntia pubescens*, *Cestrum alternifolium*, *Croton monanthogynus*, *Cedrela odorata*, *Prosopis juliflora*, *Gyrocarpus americanus*, *Calotropis procera*, *Cordia curassavica*, entre otras (Figura 7c). En cambio en los de menor tiempo de ocurrencia se presentó una sucesión temprana determinada por el inicio de un proceso de colonización y extensión de especies herbáceas como *Momordica charantia*, *Bouchea boyacana*, *Commelina elegans*, *Galianthe bogotensis*, *Cheilanthes microphylla*, *Lippia organoides*, *Tournefortia volubilis*, entre otras (Anexo 2).

Los deslizamientos favorecen un tipo de vegetación conformada por una matriz arbustiva dominada por la especie *Lippia organoides*, presente tanto en partes con pendiente alta (45-80%), como en partes con regular y pendiente baja (0-45%) formando una matriz continua y homogénea (Figura 8a). El éxito de esta especie se explica por su capacidad de colonización masiva de áreas abiertas por dispersión

anemócora y su estrategia de resistencia el estrés y ocupación del espacio. La base del tronco de los individuos de *Lippia* se encuentran distanciados entre 40-50cm posiblemente para evitar la competencia por agua (Figura 8b). En estas matrices de *Lippia* se destaca la escasa presencia de *Prosopis juliflora*, *Cavanillesia chicamochae*, *Gyrocarpus americanus* y *Bursera simaruba* que aparecen aislados en zonas de pendiente alta. Se encontraron 12 especies en los os levantamientos realizados en la matriz, tres en el de mayor pendiente y doce en el de pendiente leve.

En pendientes moderadas o bajas se observa parches monoespecíficos de *Prosopis juliflora*, *Stenocereus griseus* o en menor proporción de *Opuntia dillenii*; y también parches con presencia de dos especies, principalmente *P. juliflora* y *S. griseus*, que pueden o no estar permeados por la matriz de *L. organoides* (Figuras 8c y 9). Además, se encontraron dentro de la matriz parches mixtos que muestran el efecto de los diferentes disturbios a través de zonas de vegetación en diversos estados sucesionales.





**Figura 9.** Representación idealizada de la vegetación en áreas de pendiente moderada con parches de: **a.** *Prosopis juliflora*. **b.** *Stenocereus griseus*. **c.** *Opuntia dillenii*, en una matriz de *Lippia origanoides*.

#### - Pastoreo en laderas

El único tipo de ganadería posible en laderas es el pastoreo de cabras (Figura 8d), que tiene un gran efecto a nivel regional, debido a que los animales recorren ampliamente las laderas. Se registraron 19 especies ramoneadas por las cabras, estas son: *Agrostis* sp., *Andropogon* sp., *Aristida adscensionis*, *Cavanillesia chicamochae*, *Cnidoscolus tubulosus*, *Boerhavia scandens*, *Cordia curassavica*, *Digitaria bicornis*, *Gynerium sagittatum*, *Jatropha gossypifolia*, *Lippia origanoides*, *Melinis minutiflora*, *Prosopis juliflora*, *Randia aculeata*, *Ricinus communis*, *Setaria parviflora*, *Solanum crotonifolium*, *Sporobolus jacquemontii*, *Stenocereus griseus*. Las cabras tienen poca exclusividad en su dieta, puesto que ramonean plantas urticantes (*J. gossypifolia*, *C. tubulosus*), plantas espinosas (*S. crotonifolium*, *A. farnesiana*, cactáceas en general) y con látex abundante (*C. prosera*, *R. communis*). El efecto del ramoneo permanente mantiene laderas con escasa vegetación en donde *Lippia* no forma una matriz continua.

#### 2. Terrazas del río Chicamocha

Se reportaron 27 especies asociadas a los cultivos, el 24% pertenecen a la familia Poaceae, el 19% a la

familia Fabaceae y el 14% a la familia Asteraceae. Entre las más comunes se encontraron *Amaranthus spinosus*, *Bouchea boyacana*, *Cenchrus echinatus*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Eragrostis* sp, *Catharanthus roseus*, *Portulaca oleracea*, entre otras (Anexo 2).

Dadas las condiciones climáticas de la región, la agricultura en terrazas sólo es posible si se garantiza el riego permanente. Una vez suspendido el riego, hacia el final del ciclo de cultivo, la parcela queda en barbecho y la mayoría de especies mueren, sobreviviendo sólo aquellas que soportan la sequía. Las parcelas en barbecho presentan diferencias en composición y número de especies dependiendo del tiempo de abandono.

Las parcelas agrícolas generan un patrón de parches herbáceos con diferentes tiempos de sucesión. En parcelas ocasionales de ladera donde el agua y los nutrientes son más escasos o se pierden con mayor facilidad aparece como colonizadora *Lippia origanoides*.

### 3. Lechos de inundación estacional del río Chicamocha

En las playas de inundación, las fluctuaciones estacionales en los niveles de los ríos generan sucesiones primarias cíclicas que forman mosaicos de parches de forma alargada y paralelos a la corriente del río. En los parches de vegetación riparia se encontraron 26 especies, 18 en las llanuras aluviales y 8 especies en las zonas más alejadas del río (Anexo 2).

Las áreas más alejadas del cauce, junto a la ladera, presentan un estado sucesional más avanzado con vegetación arbórea donde las copas forman un dosel continuo de plantas leñosas como *P. juliflora*, *Anacardium excelsum*, *G. americanus* y plantas escandentes como *M. charantia* y *Aristolochia anguicida*. En áreas más cercanas a la corriente del río se presenta una vegetación menos densa, con plantas con reproducción vegetativa por rizomas y estolones que les permite una colonización rápida del sustrato rico en arcillas y limos. Algunas de ellas son: *Phylla nodiflora*, *Gynerium sagittatum*, *Tessaria integrifolia*, *Ruellia tuberosa*, *Cynodon dactylon*, *Alternanthera albotomentosa* entre otras. Éstas suelen encontrarse ampliamente distribuidas en ambientes aluviales. En los meandros formados por el río se encuentran plantas de pantano de las familias Cyperaceae, Juncaceae y Typhaceae.

## Discusión

### Estructura de parches

La vegetación de las zonas áridas se caracteriza por una distribución a manera de parches con dinámicas específicas (Aguilar y Sala 1999, Lambers *et al.* 2001). Los parches se distribuyen sobre una matriz homogénea que puede estar constituida por suelo desnudo o por especies herbáceas (Montaña 1992, Aguilar y Sala 1999, Lambers *et al.* 2001, Maestre *et al.* 2003). Actualmente se estudian transiciones gramíneas - arbustos (Bestelmeyer *et al.* 2006, Browning *et al.* 2011), pero los fenómenos de aridización del bosque seco implican transiciones arboles - arbustos, que en algunos casos conforman matorrales espinosos, como en el presente estudio. Estas transiciones a arbustos se dan en una dinámica

de parches con diferentes especies de acuerdo a la oferta regional y al estado de degradación del ecosistema. En el caso de enclaves áridos, como el del cañón del río Chicamocha, la formación de parches está determinada por una combinación de pendientes fuertes y un régimen de disturbios que han generado una selección de especies vegetales resistentes a dichos cambios. Es así que en la actualidad se evidencia principalmente una matriz de *Lippia organoides* en la que se presentan parches cuya forma y tamaño la determinan las diferentes dinámicas. Los parches en las zonas áridas suelen estar determinados en forma y tamaño por factores como la pendiente (Aguilar y Sala 1999), que determina la distribución e influencia de los factores ambientales como vientos, lluvias (Seghieri y Galle 1999) y las interacciones entre las especies que los constituyen (Fowler 1986, Tilman y Pacala 1993).

### Matriz de *Lippia organoides*

La colonización de *L. organoides* en laderas con pendiente elevada, está favorecida por sus estrategias de historia de vida, como semillas muy pequeñas, dispersadas por el viento, esclerofilia, y desarrollo de un sistema radicular superficial, que no supera los 20 cm de profundidad y que le permite capturar el agua lluvia y de condensación que alcanza a infiltrarse. Seghieri y Galle (1999) señalan que la capacidad de infiltración de los suelos depende del contenido de arcillas, arenas y limos del suelo, y de la pendiente topográfica. La infiltración en áreas de pendiente puede ser un 75% menos que la que se infiltra en zonas de parche con cobertura vegetal arbustiva (Seghieri y Galle 1999, Lambers *et al.* 2001) y por lo tanto es limitante para el desarrollo de las especies. No obstante, el sistema radicular de *Lippia* le permite captar esta pequeña cantidad de agua de infiltración y de esta manera sobrevivir en estas condiciones. En los sitios en donde *L. organoides* se instala más fácilmente y en donde forma grandes matrices es en áreas pedregosas producto de deslizamientos, donde las semillas quedan atrapadas y los micrositos de germinación y establecimiento les son muy favorables. Los rasgos de historia de vida de *L. organoides* que la hacen exitosa en estos ambientes están relacionados con su capacidad de dispersión

anemócora, su adaptación al estrés hídrico y sus metabolitos secundarios (defensas químicas) que la hacen poco palatable para las cabras.

Las especies como el *Stenocereus griseus* aparecen en zonas de pendiente media y baja, colonizando rápidamente tras su dispersión por aves o murciélagos o por fraccionamiento y desarrollo de partes del tronco. Es probable que su tamaño no le permita desarrollarse en pendientes abruptas y por lo tanto se le encuentra solo cuando el tamaño de partícula es grande de modo que sus semillas y plántulas puedan sostenerse y sobrevivir. Uno de los indicadores de aridización en muchos ecosistemas secos es la colonización de cactáceas. Cuando se degrada el bosque seco las especies más exitosas para ocupar estos ambientes de alto estrés son las cactáceas y las leguminosas.

En el caso del “cují”, *Prosopis juliflora*, su presencia en pendientes moderadas o bajas es resultado, de su dispersión por endozoocoria o barocoria y de su capacidad para colonizar áreas degradadas. *Prosopis* es un género altamente colonizador en muchas zonas áridas de América y particularmente en Colombia se lo encuentra en casi todas las zonas áridas, *P. juliflora* ha sido reportada como especie invasora en África (Mwangi y Swallow 2005) y también en las catingas del Brasil (Miranda *et al.* 2011). La semilla es relativamente grande y de testa gruesa, su germinación solo se podría producir en áreas con mayor contenido hídrico en el suelo y tamaño del sustrato rocoso. La infiltración del agua en áreas de pendiente baja, explica la mayor riqueza de especies encontrada en la base de las laderas y la presencia de parches en bordes de río o cauces estacionales.

La distribución espacial de los arbustos de *L. origanoides* (Figura 6) sigue un patrón regular de separación, dado por la distancia de un individuo a otro. Esta distribución puede deberse a una elevada competencia de la planta por agua (y tal vez nutrientes), recurso limitante en estas zonas, lo cual explicaría la conformación monoespecífica de las laderas en donde difícilmente se observa la presencia de otras especies. Esta distribución se considera como un patrón homogéneo, en donde todos los individuos experimentan la misma tasa de suministro de recursos,

en las mismas concentraciones y con igual intensidad la acción de los factores físicos (Tilman y Pacala 1993).

La presencia actual del cují en zonas de pendiente elevada podría deberse al transporte de semillas por las cabras, quienes se alimentan de sus frutos en épocas de sequía y dejan las semillas en las heces (Hernández-A. 1985). Se ha establecido que la ingesta de frutos de ésta especie por parte de animales pueden acelerar la germinación de la semilla, ya que presenta un proceso de escarificación al pasar por el tracto digestivo de los animales, con lo cual se favorece su dispersión (Miranda *et al.* 2011). Para este caso, la semilla debería contar con un sitio apropiado de implantación que evitaría su pérdida junto con el agua de escorrentía y que permitiera su germinación y establecimiento. Es probable también, que estos arbolitos hayan pertenecido a una población relictual que creciera en pendientes menos abruptas y que los sucesivos deslizamientos los hayan ido cubriendo paulatinamente mientras los árboles regeneraban en cada evento, de manera que el punto de comienzo de la raíz estaría profundamente arraigado en las laderas.

Una tercera posibilidad para la presencia del cují en pendientes altas, es que su distribución ancestral fuera mucho más amplia, con laderas con mayor cobertura arbórea. Hacia 18000-12000 AP se generó un corredor de vegetación arbórea estacional que conectó zonas secas de Centroamérica y las Caatingas en Brasil (Sarmiento 1975, Hernández-C. *et al.* 1992, Pennigton *et al.* 2000). Esta cobertura pudo haber sido transformada por cambios climáticos pleistocénicos y posteriormente por el intenso deterioro que sufrió la zona tras la colonización. No obstante, los datos paleo-palinológicos no han dado luces al respecto, en particular, debido a las condiciones ambientales que se requieren para la deposición del polen y que en estos ambientes son difíciles de encontrar (Mayle 2004).

#### **Parches de *Prosopis juliflora* y *Stenocereus griseus***

La formación de parche monoespecíficos de *P. juliflora* o *S. griseus* o de parches de *Prosopis-Stenocereus* en medio de la matriz puede deberse a la colonización de

individuos de estas especies cerca de su planta madre, por semillas o fragmentos. En las zonas áridas es muy común el fenómeno de plantas niñeras o nodrizas que inician la formación de un parche al formar microclimas adecuados para el establecimiento de otras especies generalmente dispersadas por aves. La presencia de espinas en ambas especies favorecería su persistencia frente al ramoneo y el reclutamiento de más individuos permitiría la exclusión de las cabras de ciertos parches en los que podrían crecer aun más plántulas de dichas especies. Esto implicaría una retroalimentación positiva entre el reclutamiento de individuos y la disminución del pastoreo en el parche. Dado que el sistema radicular del *Prosopis* y del *Stenocereus* es diferente, profundo en un caso y superficial en el otro, la presencia de una no amenazaría la colonización de la otra, siendo la competencia por el agua mayor entre los individuos de *Stenocereus* y *Lippia* que entre ellas. Asimismo, se han reportado efectos alelopáticos causados por *P. juliflora*, en la germinación de especies y algunos autores consideran que pueden tener influencia sobre la eliminación de especies nativas de bosques secos en el sur de Sri Lanka (Jayasinghe y Perera 2011).

### Erosión de laderas

En la zona estudiada, los fenómenos que principalmente imprimen cambios en el paisaje son los deslizamientos. A escala regional, este proceso, directamente relacionado con el factor topográfico, es el que configura la forma en la que se transforma la vegetación, determinando la permanencia y colonización, de especies y garantizando de esta manera un régimen de disturbio que mantiene la diversidad de especies. Chapin *et al.* (1996) plantean los principios de la sustentabilidad del ecosistema, cuando a través de los ciclos de eventos de disturbios, presenta mecanismos que mantienen la diversidad de especies. Los deslizamientos son disturbios a escala regional, de gran intensidad y que se producen en diferentes escalas temporales.

Los deslizamientos activan una trayectoria sucesional, en la cual la distribución de las especies colonizadoras está determinada por el grado de inclinación de la pendiente, por el tipo de sustrato, la micro-

heterogeneidad del terreno y la cercanía a puntos de dispersión de semillas y propágulos. La diversidad aumenta con el comienzo de la colonización y luego disminuye paulatinamente, a medida que desaparecen las especies de rápido crecimiento, las anuales y las plantas sin espinas susceptibles de ser ramoneadas. Las especies que finalmente persisten son resistentes a la presión del pastoreo y a la escasez del recurso hídrico.

La regeneración en estas zonas de derrumbe se ve favorecida por la migración de propágulos que llegan con la lluvia de semillas, provenientes de las islas de vegetación persistentes dentro del cono y de la vegetación circundante. De este modo, los conos de deslizamiento producen parches de vegetación temporales que van creciendo desde la base hacia el ápice, y desde los bordes hacia el centro. Las condiciones para que se inicie la colonización están dadas por las disponibilidades de recursos que genera el disturbio (Bazzaz 1998, Pickett y White y Pickett 1985). En general, las especies que allí se establecen presentan adaptaciones a condiciones de alta radiación, bajo contenido de nutrientes y agua en el suelo, determinando así un cambio en la composición de la comunidad vegetal que existía previo al deslizamiento.

La zona alta del cono presenta las condiciones más agrestes, debido a que el sustrato tiene alto contenido de arena y en pendiente alta se pierde con mayor facilidad y por ende las especies que pueden llegar encuentran un sitio poco favorable para su implantación y un suelo muy pobre para poder desarrollarse. Maestre *et al.* (2003) establece que la cobertura de suelo desnudo y el contenido de arena en una zona son determinantes en la sobrevivencia de plántulas. No obstante los individuos arbóreos que no son arrasados en el disturbio y que quedan aislados o haciendo parte de las islas de vegetación dentro del cono, pueden funcionar como plantas niñeras al generar condiciones más favorables bajo su dosel, lo cual promueve la regeneración de otras especies con condiciones más específicas. La presencia de remanentes de vegetación y árboles aislados pueden ofrecer comida y sitios de percha para los dispersores y aumentar así la lluvia de semillas (Uhl 1987).

La zona baja del cono, con menor pendiente y sustrato compuesto por partículas de gran tamaño, presenta condiciones más favorables para la colonización y establecimiento de especies, gracias a la formación de micrositos de implantación, generados por los espacios que quedan entre los fragmentos de roca. Estos micrositos proveen pequeñas áreas protegidas de la acción del viento, lo cual disminuye la erodabilidad y pérdida del suelo, así también posibilita la reducción de la intensidad lumínica sobre el suelo, la acumulación de materia orgánica y la retención de agua, activación de la sucesión secundaria (Peterson y Haines 2000, Slocum, 2000). En estas zonas las especies escandentes como *Momordica charantia* cubren las rocas formando una especie de tapete que puede funcionar como trampa de semillas y con esto favorecer la germinación de otras plantas menos resistentes.-

### Fluctuaciones del río Chicamocha

Las fluctuaciones de los ríos pueden considerarse como locales o regionales, por el espacio en el que se generan, como intensas o débiles dependiendo del volumen de agua transportado por los ríos y las modificaciones que este haga de sus riveras, y como lentos o rápidos en la escala temporal según los cambios en los niveles hídricos (Figura 10).

Las áreas más cercanas al río presentan una mayor y más frecuente influencia a la fuerza del agua en las inundaciones, y por ende una mayor pérdida de material vegetal y edáfico, generando así sucesiones primarias sobre un material inestable y determinadas por el patrón cíclico del nivel del río. Por el contrario las zonas más alejadas presentan una menor magnitud y frecuencia del disturbio y por esto una menor pérdida del material. Es así que en las zonas más cercanas al cauce se presentan especies con hábitos herbáceos, ciclos de vida cortos y regeneración vegetativa que les permite, implantarse, desarrollarse y distribuirse rápidamente antes de la siguiente creciente. El mayor porcentaje lo presentan especies de Poáceas y Ciperáceas, aunque también se encuentran otras especies importantes por ser típicas de ésta dinámica como *Gynerium sagittatum*, *Phyla nodiflora*, *Cynodon dactylon*, entre otras. Luego de la inundación, muchos



**Figura 10.** Fluctuaciones en el río Chicamocha.

fragmentos de especies pueden migrar a otros lugares y al bajar el nivel del agua volver a rebrotar en nuevos sitios. Por otro lado en las zonas más alejadas del río la menor influencia del disturbio permite que permanezcan especies del estrato arbóreo en pie como *Prosopis juliflora* y *Anacardium excelsum*, estas pueden favorecer el desarrollo de epífitas y el reclutamiento de especies bajo ellas, por el fenómeno de plantas niñeras, el cual ha sido ampliamente documentado para otra especie del género *Prosopis* en zonas áridas (Carrillo-García *et al.* 2000). No obstante en otros estudios establecen que *Prosopis juliflora* presenta componentes alelopáticos que afectan la germinación de especies nativas, aunque se aclara que su efecto se evidencia en especies más susceptibles a éstos componentes (Jayasinghe y Perera 2011).

### Pastoreo de cabras

Las cabras fueron introducidas en Colombia desde la primera mitad del siglo XVI (Hernández-C. *et al.* 1995), en la actualidad presentan gran importancia, por ser una fuente de obtención de proteína animal en ecosistemas secos, a pesar del impacto que causan. Las cabras son resistentes a condiciones de sequía y son poco selectivas en su dieta, lo que conlleva a que ejerzan presión sobre la regeneración de plántulas de especies leñosas y a su vez estimulen la abundancia de especies poco palatables, generando la homogenización del paisaje e incidiendo en la pérdida de cobertura vegetal en áreas más vulnerables.

El pastoreo, es un disturbio que produce modificaciones a nivel regional al tratarse de una práctica no estabilizada, esto mismo hace que sea poco intenso y que la transformación que produce se

observe en escala temporal de meses. A escala local el ramoneo poco selectivo efectuado por las cabras, tiene una fuerte influencia sobre el cambio fisionómico de las plantas y la pérdida de especies, lo cual genera una simplificación de la comunidad vegetal. En las laderas, el pastoreo presenta un efecto erosivo sobre el sustrato rocoso, ya que con el pisoteo favorecen en mayor o menor medida el desprendimiento de rocas fuertemente diaclasadas.

Las plantas consumidas por las cabras, exhiben formas de “bonsai” con tallos basales engrosados y una profusa ramificación. Las semillas y plántulas de las especies que logran germinar en éstos ambientes presentan una alta predación por cabras, lo cual reduce las posibilidades de regeneración y establecimiento de especies susceptibles y por el contrario se favorece el desarrollo de especies con estrategias de protección produciéndose un efecto de reemplazamiento y selección de especies.

Las cabras, son ramoneadoras no especializadas dado el consumo que hacen de muchas plantas con o sin presencia de defensas antiherbívoro (Hernández-A. 1985). No obstante, este tipo de dieta, ocurre en épocas de sequía y escasez de recursos, y prefieren ramonear partes blandas o brotes jóvenes de dichas especies. El tipo de pastoreo que realizan disminuye la heterogeneidad espacial (Adler *et al.* 2001) favoreciendo el desarrollo de la matriz de *Lippia* en el ecosistema.

### Agroecosistemas

Los agroecosistemas presentan un efecto localizado sobre áreas de pendientes bajas, en terrazas y en zonas muy cerca al cauce del río, por la forma en la que se realiza son de alta intensidad y los cambios generados se observan en la escala temporal de meses. Este disturbio genera un mosaico de pequeñas parcelas con diferentes tiempos y trayectorias sucesionales dependiendo del tiempo de cultivo o de reposos en el que se encuentran.

En las parcelas de cultivo de tabaco estudiadas, se observó una sucesión secundaria, en donde las especies presentes están determinadas por las condiciones de

agua y sombra que se dan a lo largo del cultivo. Los procesos de colonización y competencia determinan el patrón de sucesión y de riqueza de especies (Tilman y Pacala 1993). Es así como se presentan durante las primeras fases del cultivo de tabaco (30 días), un mayor número de especies (22 sp.) que aprovechan que el recurso, espacio, nutrientes del suelo y agua, están disponibles cuando el tabaco está pequeño. A medida que va creciendo el tabaco (75 días), va aumentando el efecto sombra que éste provee, lo cual genera una reducción de especies por competencia de luz. Además se observa que son pocas las que permanecen (9 sp.), al darse el reemplazamiento de especies en la trayectoria sucesional.

Cuando el cultivo termina se detiene el riego y se deja en reposo las parcelas, se produce un cambio de especies hacia aquellas resistentes a condiciones secas y a una alta irradiación como *Melinis minutiflora*, *Pithecellobium* cf. *unguis-cati*, *Boerhavia scandens* y varias especies de pastos. Sin embargo en éste estado pueden evidenciarse de nuevo especies que aparecen en las primeras etapas del cultivo como *Manihot* cf. *utilissima* y *Portulaca oleracea*.

En parcelas abandonadas de ladera se determina un número reducido de especies (9 spp.), comparados con el sitio sin riego de zonas planas (16 spp.), lo cual evidencia que la pendiente es un factor desfavorable para el establecimiento de las especies, debido a que está expuesto a pérdida de material por escorrentía.

En general en las terrazas de cultivo se presenta un mosaico de parcelas abandonadas o con cultivos, expuesto a diferentes condiciones de humedad, sombra y estado sucesional. No obstante, dado al tiempo de uso por cultivos, se presenta una homogenización del banco de semillas y por ende un direccionamiento generalizado hacia una vegetación herbácea. Los pastos son de las especies más favorecidas ya que presentan un corto ciclo de vida, exitosas estrategias de dispersión, reproducción por estolones y pocas necesidades de nutrientes, lo que le confieren condiciones favorables en éstos ambientes pobres.

Al presentar las zonas áridas una baja capacidad de carga, los métodos utilizados en los procesos

extractivos generan un gran desgaste del suelo y a largo plazo reducen la fertilidad y productividad del mismo (Kauffman *et al.* 2003).

### Dinámicas de la vegetación

Las dinámicas de la vegetación presentes en la zona semiárida del Chicamocha están en relación con las interacciones interespecíficas, intraespecíficas y las estrategias de historia de vida de las especies. Las relaciones interespecíficas más evidentes en las dinámicas son la competencia y la facilitación; la primera ligada a la escasez del recurso hídrico, y la segunda a la colonización de especies coadyuvada por la presencia de plantas niñeras (Fowler 1986). Este efecto de colaboración ha sido documentado para otras zonas áridas como mecanismo de aumento de diversidad en o para la formación parches de vegetación (Carrillo-García *et al.* 2000). Las relaciones intraespecíficas incluyen además de las mencionadas anteriormente, la distribución de los individuos: solitarios, gregarios o en colonias (plantas estoloníferas), estableciéndose en cada una su propia forma de distribución de los recursos. Asimismo, las estrategias de historia de vida de las especies establecen su habilidad para colonizar un ambiente, sobrevivir en él y desarrollarse (fructificar rápidamente en las de ciclo rápido o almacenar y tasar recursos en las de ciclo lento).

### Conclusiones

Según Hobbs y Huenneke (1992), el disturbio juega un papel integral en la estructuración de las comunidades, pero algunos tipos o combinaciones de disturbios pueden aumentar el potencial de invasión de especies que poseen rasgos de historia de vida que las hacen ser resistentes a condiciones adversas. La extensión de especies invasoras genera una reducción del recurso disponible, lo cual influye directamente en la disminución del establecimiento de especies propias del ecosistema, generándose así una reducción en la diversidad de especies. Cada inmigración y establecimiento reflejan la habilidad invasiva y extensiva de las especies que colonizan y la resistencia por parte de la vegetación preexistente. (Glenn-Lewin y van Der Maarel 1992).

La distribución actual de la vegetación en el enclave árido del río Chicamocha es resultado de la combinación de los diferentes fenómenos naturales y antrópicos a los cuales ha estado expuesta. Estos eventos traen consigo una transformación del paisaje reduciendo de la diversidad en función de la magnitud y la escala espacio-temporal en la que actúan. Basándonos en la comprensión de las dinámicas dadas en el enclave árido del río Chicamocha y sus efectos en la dinámica regional, se plantea los patrones expresados a continuación:

Las zonas con pendientes altas son más susceptibles a los disturbios, ya que los cambios en su estructura, por pequeños que sean, pueden desestabilizar y generar deslizamientos que pueden llegar a ser frecuentes y de alta magnitud, generando cambios a gran escala. La tala y el pastoreo no estabilizado de cabras en la zona de estudio, generan claros que dejan el suelo expuestos a la libre acción del viento y del agua, incentivando así la erosión y los deslizamientos que arrasan gran cantidad de material en zonas de pendiente alta. Las zonas con una pendiente alta presentan una mayor homogeneidad de la vegetación arbustiva y herbacea resultado del establecimiento de especies adaptadas a condiciones poco favorables de suelos pobres, con baja capacidad de retención de agua y lavado constante de nutrientes.

*Lippia origanoides* es la especie que ha tenido mayor éxito en la colonización de áreas con pendientes altas, ya que posee características que le conceden ventajas frente a otras especies. Esta especie exhibe un sistema radicular superficial y profuso que además de darle estabilidad le permite atrapar nutrientes y agua tanto en la superficie como en el subsuelo. La gran producción de minúsculas y livianas semillas le proporciona una fácil dispersión por viento, permitiéndole extenderse rápidamente. La producción de aceites esenciales le concede una baja palatabilidad de sus hojas y por ende una baja herbivoría, siendo ésta una de las especies menos consumidas por las cabras. Además presenta un patrón de alto grado de competencia por el recurso, ya que existe un claro distanciamiento entre individuos, permitiéndole una efectiva interceptación del agua y nutrientes. Asimismo, es probable que la pérdida de especies arbóreas explique el fenómeno

de homogenización biótica que se observa en la región del Chicamocha como en otras zonas áridas de América (Gordon *et al.* 2003).

Por el contrario en las zonas de pendiente baja, el impacto de los disturbios es menor permitiendo el desarrollo de una vegetación más diversa y estable, conservando el sustrato que facilita el crecimiento de especies arbóreas. Estas especies arbóreas favorecen la formación de pequeños parches de vegetación, debido a que bajo su dosel se presentan condiciones necesarias para el establecimiento de especies con mayor requerimiento del recurso. Estos parches amortiguan las drásticas condiciones presentadas en las zonas áridas, ya que la sombra que generan reduce la evapotranspiración, la pérdida de agua del suelo y la temperatura, al reducir la intensidad lumínica. Esto los hace sitios favorables para la colonización, y sobrevivencia de especies (Maestre *et al.* 2003), estimulando la formación de etapas sucesionales más avanzadas, posibilitando su fortalecimiento y extensión paulatina.

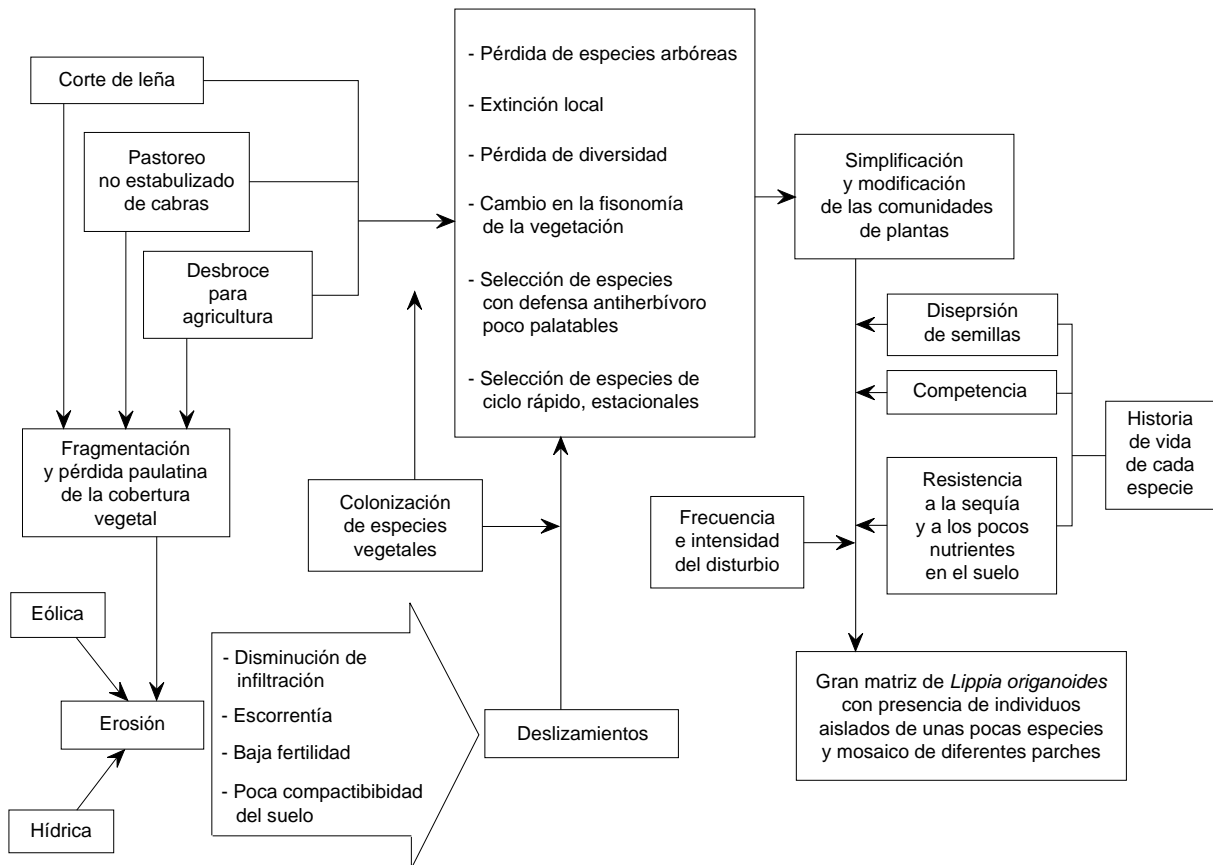
Las especies leñosas están presentes en pendientes leves pueden ser núcleos de colonización por acumulación de semillas y nutrientes; sin embargo, cuando éstas especies se encuentran en pendientes fuertes, el lavado de semillas por escorrentía y la poca infiltración de agua en el suelo hace que éstos árboles permanezcan aislados dentro de la matriz.

De esta manera se presenta en la actualidad un paisaje de pequeños parches de arbustos y árboles en zonas de pendiente baja, rodeados por una matriz de matorrales dominados por *L. origanoides*, que se extiende efectivamente hacia las zonas de pendientes altas. *L. origanoides* se ha establecido más extensamente en zonas más sensibles al disturbio y con menos capacidad de regeneración en las partes de pendiente alta, donde sus características de historia de vida le confieren dominancia del recurso. En cambio en las zonas de pendiente baja, disminuye su abundancia, particularmente cuando hay núcleos de vegetación, debido a que las condiciones facilitan el desarrollo de otras especies que compiten por el recurso.

La distribución actual de la vegetación en el cañón del Chicamocha es el resultado de la deforestación y el leñateo al que ha sido expuesta la zona de estudio, la cual magnificó el efecto de las dinámicas naturales. En la Figura 11 se presenta un modelo conceptual del proceso y de los factores de alteración que ha influido en el cambio de la vegetación a lo largo del tiempo en el área de estudio. Estas dinámicas sumadas a las antrópicas reportadas desde el siglo XVI (Hernández-C. 1995), han generado un gran deterioro del sistema, reflejado en el cambio de la estructura de la vegetación, pérdida de la fertilidad del suelo, de la producción ganadera y de la diversidad (Bestelmeyer 2006). Cuando los ecosistemas semiáridos se degradan la tasa de captura de recursos se reduce enormemente y la estructura de la vegetación así como, la función del ecosistema puede perderse a mediano y largo plazo (Ludwig *et al.* 2000). No obstante, la alta heterogeneidad espacial de los recursos del suelo en zonas áridas (Maestre *et al.* 2003) puede ser un elemento clave en la regeneración de la vegetación después de disturbios. Es así que al presentarse parches de vegetación con diferente tamaño forma, composición y características del sustrato, se presentan condiciones variadas en donde especies con diferentes requerimientos puedan prosperar. Estos parches son islas de recursos que funcionan como puntos focales para interacciones entre plantas y establecimiento de plántulas, trayendo como resultado el incremento de la diversidad.

La estructura y dinámica de la vegetación en paisajes áridos dependen de los factores biofísicos del lugar, del régimen de disturbios y de las características propias de las especies que allí habitan. Dado que los factores que actúan sobre las zonas secas son similares: climáticos, topográficos, edáficos y antrópicos, y que las interacciones y las estrategias de historia de vida de las especies de estas zonas son también similares (presencia de metabolitos secundarios, esclerofilia, espinas, carnosidades de tallos, etc.), se puede esperar que las dinámicas aquí observadas puedan ser comunes a otras zonas áridas del país. Sin embargo, es necesario seguir realizando estudios de interpretación a nivel regional, que permitan conocer los procesos que producen cambios en las diferentes escalas espaciales, temporales y de intensidad.





**Figura 11.** Resumen de los procesos que afectan el componente vegetal en el enclave árido del Chicamocha.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Herbario Nacional Colombiano (COL), especialmente a los profesores José Luis Fernández Alonso y Fabio González y a las colegas Sofía Albesiano y Sandra Obando-Polo por su colaboración en la determinación de las especies y ayuda en campo, así como a los estudiantes de curso de Ecosistemas Terrestres Tropicales del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia por su apoyo en la toma de información.

## Literatura citada

- Abreu, Z., L. D. Llambí y L. Sarmiento 2009. Sensitivity of soil restoration indicators during Páramo Succession in the High Tropical Andes: Chronosequence and Permanent Plot Approaches. *Restoration Ecology* 17: 619-628.
- Adler, P. B., D. A. Raff y W. K. Lauenroth. 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128: 465-479.
- Aguilar M. R. y O. E. Sala. 1999. Patch structure, dynamics and implication for the functioning of arid ecosystems. *TREE* 14: 273-277.
- Albesiano, S. 1999. Aportes al conocimiento de la estructura, composición florística, riqueza y diversidad de la parte media y baja del cañón del río Chicamocha (Santander-Colombia). Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 167 pp.
- Albesiano, S., J. O. Rangel-CH. y A. Cadena. 2003. La vegetación del cañón del río Chicamocha (Santander, Colombia). *Caldasia* 25: 73-99.
- Austin, T. A., M. L. Yahdjian, J. M. Stark, J. Belnap, A. Porporato, I. C. Burke, U. Choromanska, D. Ravetta y S. M. Schaeffer. 2004. Water pulses and biogeochemical

- cycles in arid and semiarid ecosystems. *Oecologia* 141: 221–235.
- Bazzaz, F. A. 1998. Plant in changing environment: linking physiological, population and community ecology. UK Cambridge University Press. Massachusetts Press, 332 pp.
- Bestelmeyer, B. T., D.A. Trujillo, A. J. Tugel y K. M. Havstad. 2005. A multi-scale classification of vegetation dynamics in arid lands: What is the right scale for models, monitoring, and restoration?. *Journal of Arid Environments* 65: 296-318.
- Bongers F., L. Poorter, W. D. Hawthorne y D. Sheil. 2009. The intermediate disturbance hypothesis applies to tropical forests, but disturbance contributes little to tree diversity. *Ecology Letters* 12: 1-8.
- Browning, D. M., A. S. Laliberte y A. Rango. 2011. Temporal Dynamics of Shrub Proliferation: Linking Patches to Landscapes. *International Journal of Geographical Information Science* 25: 913-930.
- Buisson, E., T. Dutoit F. Torre, C. Romermann y P. Poschlod. 2006. The implications of seed rain and seed bank patterns for plant succession at the edges of abandoned fields in Mediterranean landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 6-14.
- Carrillo-García, A., Y. Bashan y G.J. Bethlenfalvay. 2000. Resource-island soils and the survival of the giant cactus, cardon, of Baja California Sur. *Plant and Soil* 218: 207-214.
- Chapin F. S., M. S. Torn y M. Tatenó 1996. Principles of ecosystem sustainability. *American Naturalist* 148:1016–1037.
- De Bruijn S. L. y E. W. Bork 2006. Biological control of Canada thistle in temperate pastures using high density rotational cattle grazing. *Biological Control* 36: 305-315.
- Díaz-Pérez, C. N., M.A. Puerto-Hurtado y J. L. Fernández-Alonso. 2011. Evaluación del hábitat, las poblaciones y el estatus de conservación del Barrigón (*Cavanillesia chicamochae*, Malvaceae - Bombacoideae). *Caldasia* 33: 105-119.
- D'Odorico, P., L. Francesco y L. Ridolf. 2006. Vegetation patterns induced by random climate fluctuations. *Geophysical Research Letters* 33 (19).
- Espinal, L. S. 1977. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, D.E., 238 pp.
- Ezcurra, E. 1994. Los ecosistemas semiáridos de América Latina y el Caribe: Potencial de investigación y áreas de concentración. Pp. 203–251. En: León, F. (Ed.). Conocimiento y sustentabilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe. Dolmen Ediciones. Santiago de Chile.
- Fowler, N. 1986. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 17: 89-110.
- Glenn-Lewin, D.C. y E. van Der Maarel. 1992. Patterns and processes of vegetation dynamics. Pp. 11-59. En: Glenn-Lewin, D. C., Peet, R. K. y T. T. Veblen (eds.). Plant Succession: Theory and prediction. Chapman and Hall. Londres.
- Gordon, J. E., A. J. Barrance y K. Schreckenberg. 2003. Are rare species useful species? Obstacles to the conservation of tree diversity in the dry forest zone agro-ecosystems of Mesoamerica. *Global Ecology y Biogeography* 12: 13-19.
- Hernández-A., I. 1985. Ramoneo de las cabras en un bosque seco tropical: Especies consumidas y su valor nutritivo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 71: 64-71.
- Hernández-C., J., TH. Walschburger, R. Ortíz y A. Hurtado. 1992. Sobre Origen y distribución de la biota suramericana y colombiana. Pp. 55-104. En: Halffter, G. (compilador). Diversidad biológica de Iberoamérica. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Instituto de Ecología, Secretaría de desarrollo. México.
- Hernández-C., J.D. Samper, H. Sánchez, V. Rueda, S. Vásquez y H. D. Correa. 1995. Desiertos: zonas áridas y semiáridas de Colombia. Diego Samper Ediciones. Bogotá, D.C., 207 pp.
- Hobbs R. y L. Huenneke. 1992. Disturbance, diversity, and invasion: Implications for conservation. *Conservation biology* 6: 324-37.
- Huston, M. A. 1994. Biological Diversity: the coexistence of species in changing landscapes. Cambridge University Press. UK, 679 pp.
- IGAC. 2007. Los cañones colombianos: Una síntesis geográfica. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Oficina CIAF. Bogotá. Imprenta Nacional de Colombia. 243 pp.
- Jayasinghe A. G. C. S. y G. A. D. Perera. 2011. Allelopathic Effect of *Prosopis juliflora* (Mesquite) on Seed Germination of Native Coastal Dry Forest Species. *Proceedings of the Peradeniya University Research Sessions, Sri Lanka* 16: 24.
- Kauffman, J. B., M. D. Steele, D. L. Cummings y V. J. Jaramillo. 2003. Biomass dynamics associated with deforestation, fire, and conversion to cattle pasture in a Mexican tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 176: 1-12.
- Lambers H, R., M. Rietkerk, F. van den Bosch, H. H. T. Prins, y H. de Kroon. 2001. Vegetation pattern formation in semi-arid grazing Systems. *Ecology* 82: 52–61.
- Lejeune, O., M. Tlidi y R. Lefever. 2004. Vegetation spots and stripes: Dissipative structures in arid landscapes.

- International Journal of Quantum Chemistry* 98: 261-271.
- López R. P., S. Valdivia, N. Sanjine´s y D. de la Quintana. 2007. The role of nurse plants in the establishment of shrub seedlings in the semi-arid subtropical Andes. *Oecologia* 152: 779–790.
- Ludwig, J. A., B.P. Wilcox, D.D. Breshears, D.J. Tongway y A. C. Imeson. 2005. Vegetation patches and runoff-erosion as interacting eco-hydrological processes in semiarid landscapes. *Ecology* 86:288-297.
- Maas, J. M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. Pp. 399-422. *En*: S.H. Bullock, H.A. Mooney y E. Medina (eds.) Seasonally dry tropical forest. Cambridge University Press.
- Maestre, F.T., J. Cortina, S. Bautista, J. Bellot y R. Vallejo. 2003. Small-scale environmental heterogeneity and spatiotemporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. *Ecosystems* 6: 630-643.
- Malagón, D., C. Pulido, R.D. Llinas y C. Chamorro. 1995. Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Canal Ramírez Antares Ltda., Santafé de Bogotá. 632 pp.
- Mayle F. E. 2004. Assessment of the Neotropical dry forest refugia hypothesis in the light of palaeoecological data and vegetation model simulations. *Journal of Quaternary Science*: 19: 713-720.
- McCluney, K.E., J. Belnap, S. L. Collins, A.L. González, E.M. Hagen, J. N. Holland, B.P. Kotler, F.T. Maestre, S.D. Smith y B.O. Wolf. 2011. Shifting species interactions in terrestrial dryland ecosystems under altered water availability and climate change. *Biological Reviews*. doi: 10.1111/j.1469-185X.2011.00209.x
- Miranda R.Q., M. T. P. Oliveira, R. M. Correia, J.S. Almeida-Cortez y M. F. Pompelli. 2011. Germination of *Prosopis juliflora* (Sw) DC seeds after carification treatments. *Plant Species Biology* 26:186–192.
- Montaña, C. 1992. The colonization of bare areas in two-phase mosaics of an arid ecosystem. *Journal of Ecology* 80: 315-327.
- Murphy, P. G y A. E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annals Review Ecology and Systematics* 17: 67-88.
- Mwangi E. y B. Swallow 2005. Invasion of *Prosopis juliflora* and local livelihoods: Case study from the lake Baringo area of Kenya. Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre ICRAF. 65 pp.
- Pennington, R. T., D. E. Prado y C. A. Pendry. 2000. Neotropical Seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273.
- Peterson C. J. y B. L. Haines. 2000. Early Successional Patterns and Potential Facilitation of Woody Plant Colonization by Rotting Logs in Premontane Costa Rica Pastures. *Restoration Ecology* 8: 361-369.
- Pickett, S. T. A. y P. S. White (eds.). 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press. New York. 472 pp.
- Pickett, S. T. A. 1989. Space for time substitutions as an alternative to long-term studies. Pp. 110–135. *En*: Likens, G. E. (Ed.) Long-term studies in ecology. Springer. New York.
- Rangel-CH., J. O. y A. Velázquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pp. 59-87. *En*: Rangel-Ch, J. O., P. Lowy y M. Aguilar (eds.), Colombia. Diversidad biótica II: tipos de vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales-IDEAM, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C.
- Sarmiento, G. 1975. The dry plant formations of South America and their floristic connections. *Journal of Biogeography* 2: 233-251.
- Seghieri, J. y S. Galle. 1999. Run-on contribution to a Sahelian two-phase mosaic system: Soil water regime and vegetation life cycles. *Acta Oecologica* 20: 209-217.
- Slocum, M.G. 2000. Logs and Fern Patches as Recruitment Sites in a Tropical Pastures. *Restoration Ecology* 8: 408-413.
- Tilman, D. y S. Pacala. 1993. The maintenance of species richness in plant communities. Pp: 13-25. *En*: Ricklefs, R. E. y D. Schluter (eds.). Species diversity in ecological communities. University of Chicago Press. Chicago.
- Uhl, C. 1987. Factors controlling succession following slash-and-burn agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology* 75: 377-407.
- White P. S. y S. T. A. Pickett. 1985. Natural disturbance and patch dynamics: An introduction, Pp: 3-13. *En*: Pickett, S.T.A. y P.S. White (eds.). The Ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press. New York.

**Anexo 1.** Tiempo de colonización del derrumbe

<b>Especies</b>	<b>Reciente</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Avanzado</b>
<i>Anemia</i> sp.	b	b,c	
<i>Boerhavia diffusa</i>	b,c		
<i>Galianthe bogotensis</i>	a		
<i>Bouchea boyacana</i>	b,c	a,b,c	
<i>Bursera graveolens</i>		b*	b*
<i>Calotropis procera</i>	a	a,b	a
<i>Cardiospermum grandiflorum</i>	b,c		
<i>Casearia tremula</i>	a		
<i>Cavanillesia chicamochae</i>	b*		a*
<i>Cedrela odorata</i>		b*	b,c
<i>Ceiba pentandra</i>		c*	
<i>Cestrum alternifolium</i>		b,c	b,c
<i>Chamaesyce</i> sp.		c	
<i>Cheilanthes microphylla</i>	b		
<i>Cissus sicyoides</i>		c	
<i>Cnidoscolus tubulosus</i>	b	a	b,c
<i>Commelina elegans</i>	b,c		b,c
<i>Condylium cuatrecasasii</i>	b	b,c	
<i>Cordia curassavica</i>	b	b*	a,b,c
<i>Cordia divaricata</i>		c	
<i>Croton monanthogynus</i>		b	b,c
<i>Desmodium tortuosum</i>		b,c	
<i>Gyrocarpus americanus</i>		b*	b,c*
<i>Indigofera suffruticosa</i>		b*	
<i>Jatropha gossypifolia</i>	b	b,c	b,c
<i>Lantana canescens</i>		c	
<i>Lippia organoides</i>	a,b*,c	a,b*	a,b,c
<i>Lochnera rosea</i>		c	
<i>Melinis minutiflora</i>	a	b	a,b
<i>Momordica charantia</i>	b,c		a
<i>Opuntia pubescens</i>	b		a,b,c
<i>Opuntia dillenii</i>		b,c	a,b,c
<i>Opuntia</i> sp.		b	

Cont. **Anexo 1.** Tiempo de colonización del derrumbe

<b>Especies</b>	<b>Reciente</b>	<b>Intermedio</b>	<b>Avanzado</b>
<i>Peltaea sessiliflora</i>		a,b	
<i>Phoradendron</i> sp.		c	
<i>Portulaca pilosa</i>		b	
<i>Prosopis juliflora</i>	c*	b*	b*,c
<i>Rauvolfia tetraphylla</i>	a	a,b*	
<i>Selaginella sellowii</i>	b*		
<i>Senna alata</i>		c	
<i>Serjania</i> sp.	b,c		
<i>Solanum anceps</i>		b	
<i>Solanum crotonifolium</i>	b		
<i>Stemmadenia grandiflora</i>	c*		
<i>Stenocereus griseus</i>		b,c*	
<i>Tephrosia cinerea</i>		a,b	
<i>Thevetia peruviana</i>	c*	b*	
<i>Tridax procumbens</i>	b	b,c	
<i>Trixis inula</i>	b	a*	b
<i>Tournefortia volubilis</i>	c*		
<i>Turnera ulmifolia</i>		b*	
<i>Waltheria indica</i>		c	
<i>Wigandia urens</i>	b		

**Anexo 2.** Plantas colonizadoras en laderas, derrumbes y agroecosistemas.

Especie	Familia	Zona de laderas		Zona de derrumbes			Zona de agroecosistemas				Zonas de inundación	
		Zona de pendiente leve	Zona de pendiente alta	Reciente	Intermedio	Avanzado	30 días de cultivo	75 días de cultivo	Parcela en reposo	Parcela abandonada en ladera	Áreas con vegetación estacional	Áreas con vegetación permanente
<i>Acacia farnesiana</i>	Fabaceae	1										
<i>Alternanthera polygonioides</i>	Amaranthaceae										1	
<i>Amaranthus dubius</i>	Amaranthaceae						1	1				
<i>Amaranthus</i> sp.	Amaranthaceae										1	1
<i>Amartanthus spinosus</i>	Amaranthaceae						1					
<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae											1
<i>Anemia</i> sp.	Schizaeaceae			1	1							
<i>Aristolochia anguicida</i>	Aristolochiaceae											1
<i>Boerhavia diffusa</i>	Nyctaginaceae			1								
<i>Bouchea boyacana</i>	Verbenaceae			1	1		1	1				
<i>Bursera graveolens</i>	Burseraceae				1	1						
<i>Calotropis procera</i>	Apocynaceae			1	1	1						
<i>Cardiospermum grandiflorum</i>	Sapindaceae	1		1								
<i>Casearia tremula</i>	Salicaceae			1								
<i>Catharanthus roseus</i>	Apocynaceae				1		1			1		
<i>Cavanillesia chicamochae</i>	Malvaceae			1		1						
<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae				1	1						
<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae				1							
<i>Cenchrus equinatus</i>	Poaceae						1	1	1			
<i>Cestrum alternifolium</i>	Solanaceae	1			1	1						
<i>Chamaesyce</i> sp.	Euphorbiaceae				1							
<i>Cheilanthes microphylla</i>	Adiantaceae			1								
<i>Cissus sicyoides</i>	Vitaceae				1							
<i>Cnidocolus tubulosus</i>	Euphorbiaceae			1	1	1						
<i>Commelina elegans</i>	Commelinaceae			1		1						

Cant. **Anexo 2.** Plantas colonizadoras en laderas, derrumbes y agrieosistemas.

Especie	Familia	Zona de laderas		Zona de derrumbes			Zona de agrieosistemas				Áreas con vegetación estacional	Áreas con vegetación permanente
		Zona de pendiente leve	Zona de pendiente alta	Reciente	Intermedio	Avanzado	30 días de cultivo	75 días de cultivo	Parcela en reposo	Parcela abandonada en ladera		
<i>Commicarpus scandens</i>	Nyctaginaceae								1			
<i>Condylidium cuatrecasatii</i>	Asteraceae			1	1							
<i>Cordia curassavica</i>	Boraginaceae			1	1	1						
<i>Cordia divaricata</i>	Boraginaceae				1							
<i>Crotalaria</i> sp.	Fabaceae						1	1				
<i>Croton monanthogynus</i>	Euphorbiaceae				1	1						
<i>Cynodon dactylum</i>	Poaceae										1	
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae										1	
<i>Dactyloctenium aegypticum</i>	Poaceae						1	1	1			
<i>Desmodium tortuosum</i>	Fabaceae				1			1				
<i>Digitalis</i> sp.	Poaceae										1	
<i>Digitaria bicornis</i>	Poaceae						1	1		1	1	
<i>Echinochloa</i> sp.	Poaceae										1	
<i>Eleocharis</i> sp.	Cyperaceae										1	
<i>Eleusine indica</i>	Poaceae										1	
<i>Eragrostis</i> sp.	Poaceae							1				
<i>Euphorbia</i> sp.	Euphorbiaceae						1					
<i>Galianthe bogotensis</i>	Rubiaceae			1								
<i>Gynerium sagittatum</i>	Poaceae										1	1
<i>Gyrocarpus americanus</i>	Hernandiaceae				1	1						
Indeterminado	Malvaceae										1	
<i>Indigofera suffruticosa</i>	Fabaceae				1							
<i>Jatropha gossypifolia</i>	Euphorbiaceae	1	1	1	1	1						
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae										1	
<i>Lantana canescens</i>	Verbenaceae				1					1		

Cant. **Anexo 2.** Plantas colonizadoras en laderas, derrumbes y agrieosistemas.

Especie	Familia	Zona de laderas		Zona de derrumbes			Zona de agroecosistemas				Áreas con vegetación permanente	
		Zona de pendiente leve	Zona de pendiente alta	Reciente	Intermedio	Avanzado	30 días de cultivo	75 días de cultivo	Parcela en reposo	Parcela abandonada en ladera		Áreas con vegetación estacional
<i>Lippia organoides</i>	Verbenaceae	1	1	1	1	1				1		
<i>Mammillaria columbiana</i>	Cactaceae	1										
<i>Manihot</i> sp.	Euphorbiaceae						1		1	1		
<i>Melinis minutiflora</i>	Poaceae			1	1	1			1			
<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae			1		1		1				
<i>Opuntia depauperata</i>	Cactaceae	1		1		1					1	
<i>Opuntia dillenii</i>	Cactaceae	1			1	1					1	
<i>Opuntia</i> sp.	Cactaceae				1						1	
<i>Peltaea sessiliflora</i>	Malvaceae				1							
<i>Phoradendron</i> sp.	Santalaceae				1							
<i>Phyla nodiflora</i>	Verbenaceae										1	
<i>Phyllanthus</i> sp..	Phyllanthaceae						1					
<i>Pithecellobium</i> sp.	Fabaceae								1			
<i>Porophyllum</i> sp.	Asteraceae						1					
<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae						1		1			
<i>Portulaca pilosa</i>	Portulacaceae				1							
<i>Prosopis juliflora</i>	Fabaceae			1	1	1						1
<i>Rauvolfia tetraphylla</i>	Apocynaceae			1	1							
<i>Ruellia tuberosa</i>	Acanthaceae									1		1
<i>Selaginella sellowii</i>	Selaginellaceae			1								
<i>Senna alata</i>	Fabaceae	1			1						1	
<i>Senna occidentalis</i>	Fabaceae						1	1	1			
<i>Senna pallida</i>	Fabaceae											1
<i>Serjania</i> sp.	Sapindaceae			1								
<i>Sida glabra</i>	Malvaceae								1			



Cant. **Anexo 2.** Plantas colonizadoras en laderas, derrumbes y agriecosistemas.

Especie	Familia	Zona de laderas		Zona de derrumbes			Zona de agriecosistemas				Áreas con vegetación estacional	Áreas con vegetación permanente
		Zona de pendiente leve	Zona de pendiente alta	Reciente	Intermedio	Avanzado	30 días de cultivo	75 días de cultivo	Parcela en reposo	Parcela abandonada en ladera		
<i>Sida martiana</i>	Malvaceae							1	1	1		
<i>Solanum anceps</i>	Solanaceae				1							
<i>Solanum crotonifolium</i>	Solanaceae			1								
<i>Stemmadenia grandiflora</i>	Apocynaceae			1								
<i>Stenocereus griceus</i>	Cactaceae	1	1		1							
<i>Tephrosia cinerea</i>	Fabaceae				1							
<i>Tessaria integrifolia</i>	Asteraceae						1	1			1	
<i>Thevetia peruviana</i>	Apocynaceae			1	1							
<i>Tillandsia flexuosa</i>	Bromeliaceae	1										
<i>Tillandsia recurvata</i>	Bromeliaceae	1										
<i>Tournefortia volubilis</i>	Boraginaceae			1								1
<i>Tridax procumbens</i>	Asteraceae			1	1							
<i>Trixis inula</i>	Asteraceae			1	1	1		1	1			
<i>Turnera ulmifolia</i>	Passifloraceae				1							
<i>Typha latifoliolata</i>	Typhaceae										1	
<i>Waltheria indica</i>	Malvaceae				1						1	
<i>Wigandia urens</i>	Boraginaceae			1								

Janice Valencia-Duarte  
 Jardín Botánico de Bogotá, Programa de Conservación *ex-situ*, Bogotá, Colombia  
 jvalenciad@gmail.com

Ledy N. Trujillo Ortiz  
 Jardín Botánico de Bogotá, Programa de Conservación *in-situ*, Bogotá, Colombia  
 ledytrujillo@yahoo.es

Orlando Vargas Ríos  
 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología,  
 Grupo de Restauración Ecológica, Bogotá, Colombia  
 jovargasr@unal.edu.co

Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia

Recibido: 25 de mayo de 2012  
 Aprobado: 20 de noviembre de 2012

# Guía para autores

(ver también: [www.siac.co/biota/](http://www.siac.co/biota/))

## Preparación del manuscrito

El envío de un manuscrito implica la declaración explícita por parte del autor(es) de que este no ha sido previamente publicado, ni aceptado para su publicación en otra revista u otro órgano de difusión científica. Todas las contribuciones son de la entera responsabilidad de sus autores y no del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ni de la revista o sus editores.

Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, y se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos. En casos especiales el editor podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos, talleres o simposios. De particular interés para la revista son las descripciones de especies nuevas para la ciencia, nuevos registros geográficos y listados de la biodiversidad regional.

Para la elaboración de los textos del manuscrito se puede usar cualquier procesador de palabras (preferiblemente Word); los listados (a manera de tabla) deben ser elaborados en una hoja de cálculo (preferiblemente Excel). Para someter un manuscrito es necesario además anexar una carta de intención en la que se indique claramente:

1. Nombre(s) completo(s) del(los) autor(es), y direcciones para envío de correspondencia (es indispensable suministrar una dirección de correo electrónico para comunicación directa).
2. Título completo del manuscrito.
3. Nombres, tamaños y tipos de archivos suministrados.
4. Lista mínimo de tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

## Evaluación del manuscrito

Los manuscritos sometidos serán revisados por pares científicos calificados, cuya respuesta final de evaluación puede ser: a) *aceptado* (en cuyo caso se asume que no existe ningún cambio, omisión o adición al artículo, y que se recomienda su publicación en la forma actualmente presentada); b) *aceptación condicional* (se acepta y recomienda el artículo para su publicación solo si se realizan los cambios indicados por el evaluador); y c) *rechazo* (cuando el evaluador considera que los contenidos o forma de presentación del artículo no se ajustan a los requerimientos y estándares de calidad de *Biota Colombiana*).

## Texto

- Para la presentación del manuscrito configure las páginas de la siguiente manera: hoja tamaño carta, márgenes de 2,5 cm en todos los lados, interlineado 1,5 y alineación hacia la izquierda (incluyendo título y bibliografía).
- Todas las páginas de texto (a excepción de la primera correspondiente al título), deben numerarse en la parte inferior derecha de la hoja.

- Use letra Times New Roman o Arial, tamaño 12 puntos en todos los textos. Máximo 40 páginas, incluyendo tablas, figuras y anexos. Para tablas cambie el tamaño de la fuente a 10 puntos. Evite el uso de negritas o subrayados.
- Los manuscritos debe llevar el siguiente orden: título, resumen y palabras clave, abstract y key words, introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones (optativo), agradecimientos (optativo) y bibliografía. Seguidamente, presente una página con la lista de tablas, figuras y anexos. Finalmente, incluya las tablas, figuras y anexos en tablas separadas, debidamente identificadas.
- Escriba los nombres científicos de géneros, especies y subespecies en cursiva (itálica). Proceda de la misma forma con los términos en latín (p. e. *sensu, et al.*). No subraye ninguna otra palabra o título. No utilice notas al pie de página.
- En cuanto a las abreviaturas y sistema métrico decimal, utilice las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI) recordando que siempre se debe dejar un espacio libre entre el valor numérico y la unidad de medida (p. e. 16 km, 23 °C). Para medidas relativas como m/seg., use m.seg<sup>-1</sup>.
- Escriba los números del uno al diez siempre con letras, excepto cuando preceden a una unidad de medida (p. e. 9 cm) o si se utilizan como marcadores (p. e. parcela 2, muestra 7).
- No utilice punto para separar los millares, millones, etc. Utilice la coma para separar en la cifra la parte entera de la decimal (p. e. 3,1416). Enumere las horas del día de 0:00 a 24:00.
- Expresé los años con todas las cifras sin demarcadores de miles (p. e. 1996-1998). En español los nombres de los meses y días (enero, julio, sábado, lunes) siempre se escriben con la primera letra minúscula, no así en inglés.
- Los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste) siempre deben ser escritos en minúscula, a excepción de sus abreviaturas N, S, E, O (en inglés W), etc. La indicación correcta de coordenadas geográficas es como sigue: 02°37'53''N-56°28'53''O. La altitud geográfica se citará como se expresa a continuación: 1180 m s.n.m. (en inglés 1180 m a.s.l.).
- Las abreviaturas se explican únicamente la primera vez que son usadas.
- Al citar las referencias en el texto mencione los apellidos de los autores en caso de que sean uno o dos, y el apellido del primero seguido por *et al.* cuando sean tres o más. Si menciona varias referencias, éstas deben ser ordenadas cronológicamente y separadas por comas (p. e. Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- RESUMEN: incluya un resumen de máximo 200 palabras, tanto en español o portugués como inglés.
- PALABRAS CLAVE: máximo seis palabras clave, preferiblemente complementarias al título del artículo, en español e inglés.

## Agradecimientos

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite títulos como Dr., Lic., TSU, etc.

## Figuras, tablas y anexos

Refiera las figuras (gráficas, diagramas, ilustraciones y fotografías) sin abreviación (p. e. Figura 3) al igual que las tablas (p. e. Tabla 1). Gráficos (p. e. CPUE anuales) y figuras (histogramas de tallas), preferiblemente en blanco y negro, con tipo y tamaño de letra uniforme. Deben ser nítidas y de buena calidad, evitando complejidades innecesarias (por ejemplo, tridimensionalidad en gráficos de barras); cuando sea posible use solo colores sólidos en lugar de tramas. Las letras, números o símbolos de las figuras deben ser de un tamaño adecuado de manera que sean claramente legibles una vez reducidas. Para el caso de las figuras digitales es necesario que estas sean guardadas como formato tiff con una resolución de 300 dpi. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertarla.

Lo mismo aplica para las tablas y anexos, los cuales deben ser simples en su estructura (marcos) y estar unificados. Presente las tablas en archivo aparte (Excel), identificadas con su respectivo número. Haga las llamadas a pie de página de tabla con letras ubicadas como superíndice. Evite tablas grandes sobrecargadas de información y líneas divisorias o presentadas en forma compleja. Es oportuno que indique en qué parte del texto desea insertar tablas y anexos.

## Bibliografía

Contiene únicamente la lista de las referencias citadas en el texto. Ordénelas alfabéticamente por autores y cronológicamente para un mismo autor. Si hay varias referencias de un mismo autor(es) en el mismo año, añada las letras a, b, c, etc. No abrevie los nombres de las revistas. Presente las referencias en el formato anexo, incluyendo el uso de espacios, comas, puntos, mayúsculas, etc.

### ARTÍCULO EN REVISTAS

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

### LIBROS, TESIS E INFORMES TÉCNICOS

*Libros:* Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

*Tesis:* Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

*Informes técnicos:* Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

*Capítulo en libro o en informe:* Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). *Insectos de Colombia. Estudios Escogidos.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

*Resumen en congreso, simposio, talleres:* Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

### PÁGINAS WEB

No serán incluidas en la bibliografía, sino que se señalarán claramente en el texto al momento de mencionarlas.

---

# Guidelines for authors

(see also: [www.siac.co/biota/](http://www.siac.co/biota/))

---

## Manuscript preparation

Submitting a manuscript implies the explicit statement by the author(s) that the paper has not been published before nor accepted for publication in another journal or other means of scientific diffusion. Contributions are entire responsibility of the author and not the Alexander von Humboldt Institute for Research on Biological Resources, or the journal and their editors.

Papers can be written in Spanish, English or Portuguese and it is recommended not exceeding 40 pages (with paragraphs spaced at 1,5) including tables, figures and Annex. For special cases, the editor could consider publishing more extensive papers, monographs or symposium conclusions. New species descriptions for science, new geographic records and regional biodiversity lists are of particular interest for this journal.

Any word-processor program may be used for the text (Word is recommended). taxonomic list or any other type of table, should be prepared in spreadsheet application (Excel is recommended). To submit a manuscript must be accompanied by a cover letter which clearly indicates:

1. Full names, mailing addresses and e-mail addresses of all authors. (Please note that email addresses are essential to direct communication).
2. The complete title of the article.
3. Names, sizes, and types of files provide.
4. A list of the names and addresses of at least three (3) reviewers who are qualified to evaluate the manuscript.

## Evaluation

Submitted manuscript will have a peer review evaluation. Resulting in any of the following: a) *accepted* (in this case we assume that no change, omission or addition to the article is required and it will be published as presented.); b) *conditional acceptance* (the article is accepted and recommended to be published but it needs to be corrected as indicated by the reviewer); and c) *rejected* (when the reviewer considers that the contents and/or form of the paper are not in accordance with requirements of publication standards of *Biota Colombiana*).

## Text

- The manuscript specifications should be the following: standard letter size paper, with 2.5 cm margins on all sides, 1.5-spaced and left-aligned (including title and bibliography).
- All text pages (with the exception of the title page) should be numbered. Pages should be numbered in the lower right corner.
- Use Times New Roman or Arial font, size 12, for all texts. Use size 10 text in tables. Avoid the use of bold or underlining. 40

pages maximum, including tables, figures and annex. For tables use size 10 Times New Roman or Arial Font (the one used earlier).

- The manuscripts must be completed with the following order: title, abstract and key words, then in Spanish Título, Resumen y Palabras claves. Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, conclusions (optional), acknowledgements (optional) and bibliography. Following include a page with the Table, Figure and Annex list. Finally tables, figures and annex should be presented and clearly identified in separate tables.
- Scientific names of genera, species and subspecies should be written in italic. The same goes for Latin technical terms (i.e sensu, *et al.*). Avoid the use of underlining any word or title. Do not use footnotes.
- As for abbreviations and the metric system, use the standards of the International System of Units (SI) remembering that there should always be a space between the numeric value and the measure unit (e.g., 16 km, 23 °C). For relative measures such as m/sec, use m.sec<sup>-1</sup>.
- Write out numbers between one to ten in letters except when it precedes a measure unit (e.g., 9 cm) or if it is used as a marker (e.g., lot 9, sample 7).
- Do not use a point to separate thousands, millions, etc. Use a comma to separate the whole part of the decimal (e.g., 3,1416). Numerate the hours of the from 0:00 to 24:00. Express years with all numbers and without marking thousands (e.g., 1996-1998). In Spanish, the names of the months and days (enero, julio, sábado, lunes) are always written with the first letter as a lower case, but it is not this way in English.
- The cardinal points (north, south, east, and west) should always be written in lower case, with the exception of abbreviations N, S, E, O (in English NW), etc. The correct indication of geographic coordinates is as follows: 02°37'53''N-56°28'53''O. The geographic altitude should be cited as follows: 1180 m a.s.l.
- Abbreviations are explained only the first time they are used.
- When quoting references in the text mentioned author's last names when they are one or two, and et al. after the last name of the first author when there are three or more. If you mention many references, they should be in chronological order and separated by commas (e.g., Rojas 1978, Bailey *et al.* 1983, Sephton 2001, 2001).
- ABSTRACT: include an abstract of 200 words maximum, in Spanish, Portuguese or English.
- KEY WORDS: six key words maximum, complementary to the title.

### **Figures, Tables and Annex**

- Figures (graphics, diagrams, illustrations and photographs) without abbreviation (e.g. Figure 3) the same as tables (e.g., Table 1). Graphics and figures should be in black and white, with uniform font type and size. They should be sharp and of good quality, avoiding unnecessary complexities (e.g., three dimensions graphics). When possible use solid color instead of other schemes. The words, numbers or symbols of figures should be of an adequate size so they are readable once reduced. Digital figures must be sent at 300 dpi and in .tiff format. Please indicate in which part of the text you would like to include it.
- The same applies to tables and annexes, which should be simple in structure (frames) and be unified. Present tables in a separate file (Excel), identified with their respective number. Make calls to table footnotes with superscript letters above. Avoid large tables of information overload and fault lines or presented in a complex way. It is appropriate to indicate where in the text to insert tables and annexes.

### **Bibliography**

References in bibliography contains only the list of references cited in the text. Sort them alphabetically by authors and chronologically by the same author. If there are several references by the same author(s) in the same year, add letters a, b, c, etc. Do not abbreviate journal names. Present references in the attached format, including the use of spaces, commas, periodss, capital letters, etc.

#### JOURNAL ARTICLE

Agosti, D., C. R. Brandao y S. Diniz. 1999. The new world species of the subfamily Leptanilloidinae (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 24: 14-20.

#### BOOK, THESIS, TECHNICAL REVIEWS

*Book:* Gutiérrez, F. P. 2010. Los recursos hidrobiológicos y pesqueros en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., 118 pp.

*Thesis:* Cipamocha, C. A. 2002. Caracterización de especies y evaluación trófica de la subienda de peces en el raudal Chorro de Córdoba, bajo río Caquetá, Amazonas, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá D. C., 160 pp.

*Technical reviews:* Andrade, G. I. 2010. Gestión del conocimiento para la gestión de la biodiversidad: bases conceptuales y propuesta programática para la reingeniería del Instituto Humboldt. Informe Técnico. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., 80 pp.

*Book chapter or in review:* Fernández F., E. E. Palacio y W. P. MacKay. 1996. Introducción al estudio de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Colombia. Pp: 349-412. *En:* Amat, G. D., G. Andrade y F. Fernández (Eds.). Insectos de Colombia. Estudios Escogidos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales & Centro Editorial Javeriano, Bogotá.

*Symposium abstract:* Señaris, J. C. 2001. Distribución geográfica y utilización del hábitat de las ranas de cristal (Anura; Centrolenidae) en Venezuela. *En:* Programa y Libro de Resúmenes del IV Congreso Venezolano de Ecología. Mérida, Venezuela, p. 124.

#### WEB PAGES

Not be included in the literature, but clearly identified in the text at the time of mention.

## TABLA DE CONTENIDO / TABLE OF CONTENTS

Presentación - <i>Brigitte L.G. Baptiste, Carlos A. Lasso y Wilson Ramírez</i> .....	1
Prólogo / Preface - <i>Toby Pennington</i> .....	3
Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano) - <i>Gina M. Rodríguez M., Karina Banda-R., Sandra Paola Reyes B. y Ana Cristina Estupiñán</i> ....	7
Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia - <i>Janice Valencia-Duarte, Ledy N. Trujillo Ortiz y Orlando Vargas Ríos</i> .....	40
Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia - <i>Alba Marina Torres G., Juan Bautista Adarve, Mariana Cárdenas, Jhon Alexander Vargas, Viviana Londoño, Katherine Rivera, Johan Home, Olga Lucía Duque y Ángela María González</i> .....	66
Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca, Colombia - <i>Angela María Arcila Cardona, Carlos Valderrama Ardila y Patricia Chacón de Ulloa</i> .....	86
Los bosques secos del Valle del Cauca, Colombia: una aproximación a su flora actual - <i>William Vargas</i> .....	102
Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del Bosque seco Tropical (Bs-T) de la cuenca alta del río Cauca, Colombia - <i>Patricia Chacón de Ulloa, Ana Milena Osorio-García, Rafael Achury y Christian Bermúdez-Rivas</i> .....	165
Anfibios de los enclaves secos en la ecorregión de La Tatacoa, alto Magdalena, Colombia - <i>Andrés R. Acosta-Galvis</i> .....	182
Anfibios de los enclaves secos del área de influencia de los Montes de María y la Ciénaga de La Caimanera, departamento de Sucre, Colombia - <i>Andrés R. Acosta-Galvis</i> .....	211
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. (Fabaceae: Leguminosae), una especie exótica con potencial invasivo en los bosques secos de la isla de Providencia (Colombia) - <i>René López Camacho, Roy González-M. y Marcela Cano</i> .....	232
Nota breve. Registro de caracol africano gigante <i>Achatina fulica</i> (Bowdich 1822) (Mollusca: Gastropoda-Achatinidae) en Sincelejo, costa Caribe de Colombia - <i>Alejandro De La Ossa-Lacayo, Jaime De La Ossa V. y Carlos A. Lasso</i> .....	248
Guía para autores .....	254

