

**Diagnóstico de  
áreas disturbadas  
en el municipio  
de San Bernardo  
(Cundinamarca,  
Colombia)**



# **Diagnóstico de áreas disturbadas en el municipio de San Bernardo (Cundinamarca, Colombia)**

Héctor Edwin Beltrán-Gutiérrez

Colaboradores

José Ignacio Barrera Cataño

Ana Carolina Moreno Cárdenas

John Fredy López López

Nathalia Baquero Macías

Ana María Romero López

Andrés Ricardo Rodríguez Lombana





UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



© Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
© Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico (CIDC)  
© Héctor Edwin Beltrán-Gutiérrez  
Primera edición, abril de 2017  
ISBN: 978-958-8972-94-7

Dirección Sección de Publicaciones  
Rubén Eliécer Carvajalino C.  
Coordinación editorial  
Nathalie De la Cuadra N.  
Corrección de estiloEditorial UD  
Diagramación  
Cristina Castañeda Pedraza  
Imagen de cubierta  
Héctor Edwin Beltrán-Gutiérrez

Editorial UD  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Carrera 24 No. 34-37  
Teléfono: 3239300 ext. 6202  
Correo electrónico: [publicaciones@udistrital.edu.co](mailto:publicaciones@udistrital.edu.co)

Beltrán-Gutiérrez, Héctor Edwin  
Diagnóstico de áreas disturbadas en el municipio de San  
Bernardo (Cundinamarca, Colombia) / Héctor Edwin Beltrán-  
Gutiérrez. -- Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de  
Caldas, 2017.

174 páginas: ilustraciones; 24 cm.  
ISBN 978-958-8972-94-7  
1. Ecología - San Bernardo (Cundinamarca, Colombia)  
2. Restauración ecológica 3. Ecología forestal I. Tít.  
333.72 cd 21 ed.  
A1567112  
CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Todos los derechos reservados.  
Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo escrito de la  
Sección de Publicaciones de la Universidad Distrital.  
Hecho en Colombia

# CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>LOS ECOSISTEMAS, EL CONTEXTO SUBANDINO</b>	
<b>Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DISTURBADAS EN ESTUDIO</b>	<b>21</b>
Clasificación de los ecosistemas en Colombia	21
El bosque subandino	23
Transformación de los ecosistemas subandinos en Colombia	27
Información general del Municipio de San Bernardo	30
Referencias	53
Anexos	57
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN VASCULAR EN ÁREAS DISTURBADAS DE BOSQUE SUBANDINO</b>	<b>63</b>
Introducción	63
Método	65
Diseño de muestreo para la caracterización de la vegetación	65
Determinación taxonómica de la vegetación vascular	66
Tratamiento de los datos	67
Resultados	71
Estructura de las unidades de cobertura	73
Porcentaje de especies por estrato de acuerdo	74

con la unidad de cobertura	
Índices de diversidad	78
Atributos vitales de las especies nativas	83
Discusión	86
Conclusiones	89
Preferencias	90
Índices de diversidad	78
Anexos	96
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>BANCO DE SEMILLAS GERMINABLE EN ÁREAS DE BOSQUE SUBANDINO</b>	<b>111</b>
Introducción	111
Métodos	113
Diseño de muestreo	113
Resultado	120
Composición del banco de semillas germinable	120
Especies de acuerdo con su hábito en el banco de semillas germinable	124
Dispersión de las especies en el banco de semillas germinables	124
Tratamiento de los datos	125
Discusión	129
Referencias	133
Anexos	138
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>FACTORES LIMITANTES, TENSIONANTES Y POTENCIADORES PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE ZONAS DISTURBADAS EN ZONAS DE BOSQUE SUBANDINO</b>	<b>155</b>
Factores limitantes	156
Factores Tensionantes	161
Factores Potenciadores	164
Referencias	167
Epílogo	171

# Presentación

Como mecanismo diagnóstico de análisis para la restauración ecológica de áreas disturbadas por actividades como la apertura de áreas para pastizales, la ampliación de la frontera agrícola y el establecimiento de plantaciones de especies exóticas, entre otras, al igual que con la intención de generar algunas alternativas de solución y herramientas tanto conceptuales como prácticas a los problemas ocasionados por estos disturbios, se realizó la caracterización diagnóstica de la vegetación, de los bancos de semillas, de los tipos de suelo, y se identificaron los factores limitantes, tensionantes y potenciadores en un área correspondiente de bosque subandino, en la finca El Pensil, vereda Pirineos Bajo, municipio de San Bernardo (Cundinamarca-Colombia), así como su georreferenciación y análisis cartográfico.

El diagnóstico de un área a restaurar se hace útil con el fin de identificar aquellos problemas que de una u otra manera han afectado las dinámicas naturales en los ecosistemas, así como las posibles causas y consecuencias asociadas a estos. Igualmente, este tipo de análisis contribuye a la definición de estrategias que puedan favorecer el proceso sucesional en el área que se desea recuperar. El diagnóstico propuesto busca conocer el estado del ecosistema degradado a partir de la recopilación y revisión de información secundaria, la definición de las unidades de paisaje del área y la definición de sitios y componentes a muestrear. Posteriormente, se realiza la caracterización biológica, en donde se procesa el material colectado, se organizan las respectivas bases de datos (matrices) con la información obtenida y se realiza su análisis. Finalmente, se obtiene el estado actualizado del ecosistema a restaurar con la ayuda de la identificación de factores tanto limitantes como tensionantes y potenciadores.

La transformación humana ha guiado los ecosistemas originales de montaña hacia nuevos ambientes. La intensa y prolongada alteración a la que han estado sometidas las zonas rurales del municipio de San Bernardo ha dejado extensas áreas prácticamente sin relictos boscosos de vegetación original, lo que ha limitado los

procesos de regeneración natural, al no existir fuentes de propágulos que puedan contribuir a la reconstrucción de la comunidad vegetal.

La influencia de las diferentes actividades antrópicas en algunas áreas rurales del municipio ha causado un impacto sobre las vegetaciones nativas. Dichos disturbios comprenden actividades como la apertura de áreas para pastizales, la ampliación de la frontera agrícola y las plantaciones forestales como fuente de recursos madereros para uso de las fincas. Lo anterior ocasiona disturbios que poco a poco van afectando la dinámica de los ecosistemas de montaña y, a su vez, causan una pérdida y una modificación de la biodiversidad.

La presente investigación constituye un punto de partida muy importante para el desarrollo de la línea de trabajo de restauración ecológica del Grupo de Investigación en Calidad Ambiental, la cual busca generar alternativas de solución y herramientas tanto conceptuales como prácticas a los problemas ocasionados por estos disturbios. El punto de partida de cualquiera de estos procesos de investigación debe ser la realización de un diagnóstico que viabilice a futuro la posibilidad de emprender acciones puntuales de restauración. Por esto, se propone el trabajo alrededor de la caracterización de la vegetación y del banco de semillas de estas zonas disturbadas, con el fin de describir su estado actual y las potencialidades en el momento de emprender alguna acción concreta.

# Introducción

JOSÉ IGNACIO BARRE CATAÑO

## **La restauración ecológica: un acercamiento conceptual para abordar problemas de degradación por pastoreo en el contexto local**

La restauración ecológica es una disciplina reciente que tiene como propósito asistir la recuperación de los ecosistemas que han sido alterados, degradados y, en muchas ocasiones, transformados por causas principalmente antrópicas (Society for Ecological Restoration [SER], 2004). Desde que el hombre cambió su comportamiento de nómada a sedentario, hace ya más de 10.000 años, empezaron para el planeta muchos de los problemas que en la actualidad son muy graves (erosión, invasiones biológicas, sequías prolongadas, inundaciones y contaminación de suelos y de cuerpos de agua), todo ello como consecuencia del crecimiento poblacional y del consumismo.

La domesticación de especies así como el descubrimiento de la agricultura y ganadería resultaron ser un soporte importante para el hombre, ya que le han permitido mantenerse y crecer como especie desde su aparición, pero todo ello ha sido a costa de la degradación de los ecosistemas y de la desaparición de miles de especies. Con el crecimiento de las poblaciones humanas y su expansión por todo el planeta, los daños a los ecosistemas se han extendido por todas las regiones y lugares más inhóspitos. Con el crecimiento de las poblaciones, sobre todo en los últimos 100 años, se ha incrementado la demanda de materias primas y de recursos renovables y no renovables, pero lo más grave de todo es que se han acelerado la degradación y el daño de los ecosistemas sin que se tenga conocimiento de ello. En el caso concreto de Colombia, el proceso de alteración, degradación y

transformación de los ecosistemas se aceleró con la llegada de los españoles, hace más de 500 años; con su estadía, en nuestro país, se inició también el proceso de establecimiento de muchas especies ya domesticadas en Europa (vacas, cabras, ovejas, caballos, cerdos, cebada y trigo, entre otros). Con la conquista y colonización de los españoles, aunque resulta difícil del todo aseverarlo, surgió una cultura de la destrucción, espoliación y extractivismo de los recursos naturales. Desde Colombia y América Latina, en general, salieron muchos recursos para sostener las guerras del Imperio español en Europa; hoy esa es la cultura con la que contamos y no con una cultura de la apropiación del territorio y de la construcción. Pero todo esto no puede ser una justificación para continuar con lo mismo; es decir, la degradación, destrucción y transformación de los ecosistemas. Actualmente, nuestro país cuenta con entre un 40 y un 50 % de sus ecosistemas alterados, destruidos y transformados (Etter *et al.*, 2008). La principal causa es la mala gestión del territorio por las diferentes actividades económicas como la ganadería, la agricultura, la minería, la industria y la urbanización. Hoy contamos con ríos contaminados y sin agua, suelos erosionados y contaminados, grandes áreas afectadas por la presencia de especies invasoras, por incendios forestales y sequías.

Hoy nuestro país cuenta con diversas herramientas a nivel normativo que van desde la Constitución del 91, la Ley 99 de 1993, la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, la Política Nacional Forestal, el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad y el Plan Nacional de Restauración que opera como una guía de restauración. Las normas obligan a las personas y empresas que afectan o dañan los ecosistemas a realizar su restauración ecológica. Pero, como dice el dicho, “de las normas a los hechos hay muy trecho”, ya que se presentan dificultades a diferentes niveles para hacer cumplir las normas; de igual manera, existe poca cultura y escaso compromiso ambiental de parte de las empresas; además, hay una situación de conflicto que es bastante compleja en buena parte del territorio nacional.

De igual manera, en los últimos 20 años se han venido desarrollando una serie de actividades, acciones y proyectos que han posibilitado que el tema de la restauración ecológica se mantenga presente en la agenda de diversas instituciones, como universidades, institutos de investigación, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, empresas, y profesionales y estudiantes de diferentes disciplinas. Dentro de esas acciones, se encuentran: 1) la organización de cursos en diferentes temáticas sobre restauración ecológica; 2) el desarrollo de proyectos en restauración ecológica en áreas afectadas por diversos tipos de disturbios; 3) la creación de la Red Colombiana de Restauración Ecológica (Redcre), en el año 2007, que se llevó

a cabo en el marco de la realización del Primer Simposio Nacional de Experiencias de Restauración Ecológica; 4) la realización del I Congreso Nacional de Experiencias de Restauración Ecológica en el año 2009; 5) la ejecución del III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica y II Congreso Colombiano de Restauración Ecológica en el año 2013, y 6) la generación del Plan Nacional de Restauración Ecológica que se realizó entre los años 2007 y 2015 .

Pero ¿quiénes pueden hacer o desarrollar proyectos de restauración ecológica? La respuesta es: todos los que tengan conocimiento de cómo y de qué elementos están compuestos los ecosistemas y cómo son sus interacciones. De igual manera, es muy importante que quienes realicen o ejecuten un proyecto de restauración tengan conocimiento de cómo gestionan los territorios las poblaciones humanas en todo nuestro país. Hacer restauración ecológica es generar los detonantes desde el punto de vista poblacional y de comunidades para impulsar la sucesión ecológica, es colocar los elementos precisos para que se genere dicho proceso. Para hacer restauración ecológica, es clave manejar los conceptos de *población, comunidad, ecosistema, paisaje, suelo, vegetación, fauna, clima, relieve, sucesión ecológica, disturbio* y el papel de las comunidades humanas como generadoras de la transformación paisajística.

## **La teoría sucesional como soporte del desarrollo de proyectos de restauración ecológica**

La *sucesión* se entiende como el proceso a través del cual se remplazan las especies y las comunidades en el tiempo y en el espacio, desde un estado poco o nada complejo hasta uno de autorregulación o de clímax (Begón *et al.*, 2006; Barrera-Cataño y Valdés, 2007). Son varios los pasos que deben darse para que una comunidad o ecosistema alcance su estado de clímax en el marco de un proceso sucesional: 1) ocurrencia de un disturbio; 2) formación de un claro; 3) existencia de una fuente de energía; 4) oferta variada y permanente de especies; 5) condiciones de nutrientes adecuadas a los requerimientos de las especies; 6) presencia de interacciones intra e interespecíficas; 7) condiciones microclimáticas adecuadas a los requerimientos de las especies; 8) oferta hídrica adecuada a los requerimientos de las especies; 9) que los factores limitantes y tensionantes sean menos fuertes que los generadores de la sucesión (Barrera-Cataño *et al.*, 2010; Barrera- Cataño, 2011).

Existen una serie de factores que pueden condicionar el proceso de la sucesión; es decir, pueden hacer que la sucesión se detenga o que la trayectoria cambie, como se evidencia a continuación: 1) la magnitud del disturbio; 2) el relieve; 3) la

rugosidad del terreno; 4) los cambios abruptos de temperatura; 5) precipitación torrencial; 6) estado de alteración de las áreas adyacentes; 7) la presencia de especies invasoras en los sitios adyacentes; 8) la presencia y el nivel de concientización de las poblaciones humanas; 9) la ausencia de especies dispersoras y polinizadoras, y 10) la ocurrencia de disturbios de manera frecuente. Cuando un sitio ha sufrido disturbios de manera permanente, se dice que ha perdido la memoria ecológica, es decir, ha perdido su banco de semillas.

De acuerdo con el origen, la sucesión puede ser primaria o secundaria. En la sucesión primaria, no queda un legado genético del sistema anterior, es decir, el disturbio destruye todas las especies presentes en el ecosistema, además, hay una pérdida total de nutrientes y del suelo, y se pierde la regulación microclimática; un ejemplo de sucesión primaria es el que se da en las áreas afectadas por minería a cielo abierto. Por el contrario, en la sucesión secundaria, queda un legado genético del sistema anterior, que puede evidenciarse en el banco de semillas o en el banco plantular del sistema que ha sido disturbado; ejemplos de sitios con sucesión secundaria pueden evidenciarse en áreas de pastoreo y de cultivos abandonadas.

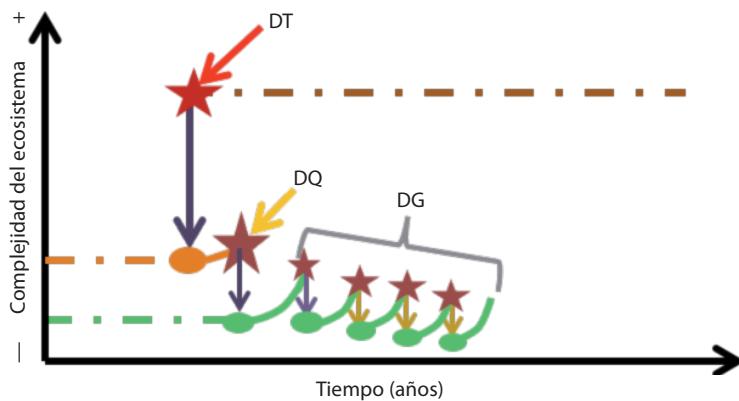
Actualmente, en las áreas que tienen una amplia historia de disturbio y de transformación a nivel local y regional, es decir, que ya no cuentan con los elementos propios del sistema predisturbio, como es el caso de las áreas con ganadería y agricultura en cercanía de los centros urbanos o que presentan una amplia historia de ocupación y uso, el proceso sucesional ocurre con muchas especies exóticas que son propias de otros ecosistemas; por lo tanto, es factible que la trayectoria sucesional pueda ocurrir en otra dirección diferente a la del ecosistema que es poco disturbado.

## **Los disturbios como detonantes de los procesos sucesionales**

Los disturbios han sido definidos como eventos relativamente discretos en el tiempo, que rompen la estructura y la función de los ecosistemas (Picket y White 1985; White y Jentsch, 2001). De acuerdo con su origen, los disturbios han sido clasificados como naturales (incendios forestales, erupciones volcánicas, inundaciones) y antrópicos (tala, incendios forestales, minería a cielo abierto, ganadería, agricultura, descargas de contaminantes al suelo y a los cuerpos de agua). De igual manera, los disturbios se clasifican según la magnitud en graves, medios y leves. Cuando se habla de la magnitud del disturbio, se tienen en cuenta la intensidad y la severidad. La intensidad se refiere a la cantidad de área afectada y a la duración del disturbio, mientras que la severidad hace referencia a la afectación en términos de especies y de sus interacciones, de comunidades, ecosistemas y paisajes.

Con la ocurrencia de un disturbio, se forman los claros o parches (Forman y Godron, 1996), que son espacios disponibles para la llegada o arribo de semillas desde los sitios vecinos, o la germinación de las semillas que pudieron quedar en el banco. Muchos de los disturbios antrópicos son conducentes a un cambio del uso del territorio, además, para lograr dicho cambio de uso, deben ocurrir una serie de disturbios en cadena que permiten obtener el sistema deseado (White y Jentsch, 2001; Barrera-Cataño y Valdés 2007; Barrera-Cataño *et al.*, 2010; Barrera-Cataño, 2011; Castro-Romero *et al.*, 2014; Buma, 2015). En el uso ganadero y agrícola, por lo general, ocurre una tala inicial del bosque o sistema predisturbio, luego una quema o incendio, posteriormente una limpieza del terreno y finalmente la siembra del pasto o del cultivo (figura 1).

**Figura 1.** Modelo de un área afectada por pastoreo

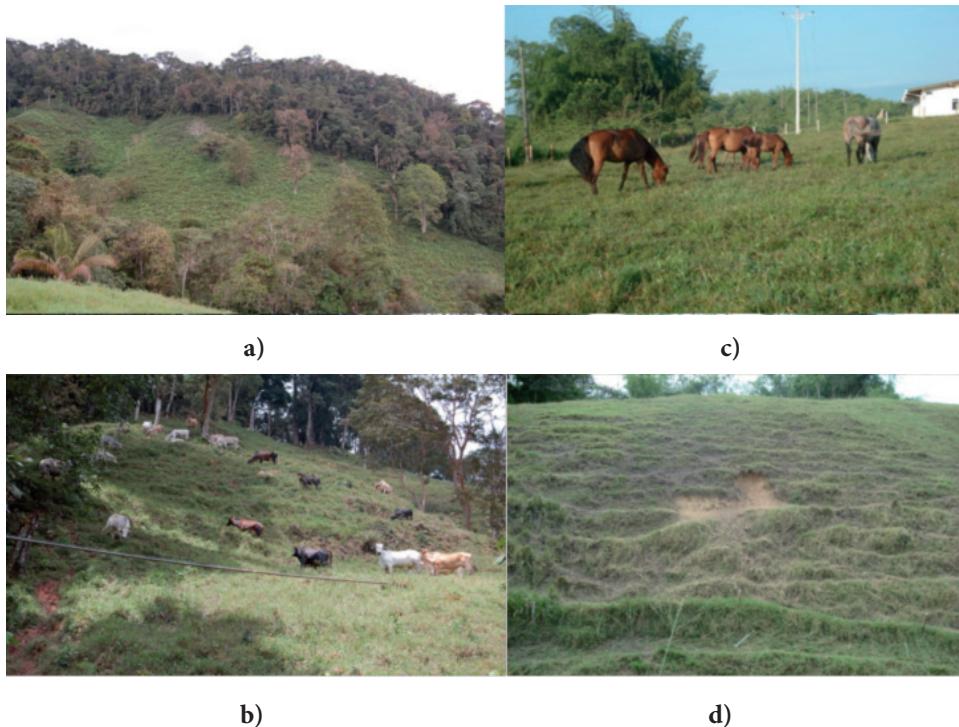


En el funcionamiento y manejo del sistema ganadero y agrícola, ocurren otra serie de disturbios en cadena, que si no son bien realizados, pueden llevar a una degradación total de este nuevo sistema. En el caso concreto del pastoreo, se realizan ciclos de entrada del ganado a un potrero, con un rango que puede oscilar entre 30 y 40 días. Cuando los terrenos son muy frágiles, los tiempos entre un pastoreo y otro deben ser mayores. Cuando el ganado está dentro de un potrero, además de pastorear los pastos y hierbas, pisotea el suelo y genera erosión por pata de vaca. Los problemas más graves por la erosión de pata de vaca son generados en las zonas de ladera y, sobre todo, en aquellas que presentan una mayor pendiente (figura 2).

Cuando un área pastoreada es abandonada por el ganadero por su improductividad, podría iniciarse, en ella o no, un proceso sucesional (figura 3). El inicio del proceso sucesional va a depender del nivel de degradación de cada uno de los

compartimentos, es decir, del número y la magnitud de factores o agentes limitantes, y el número y la magnitud de los factores tensionantes. Por otro lado, la velocidad de los procesos sucesionales va a depender del número y la magnitud de los factores potenciadores.

**Figura 2.** Efectos de la actividad ganadera sobre los ecosistemas: a) pérdida de hábitat y fragmentación del paisaje, b) y c) pisoteo y pastoreo, d) erosión por parte de vaca



Fuente: Escuela de Restauración Ecológica (ERE).

Si los factores potenciadores son de mayor magnitud que los limitantes y tensionantes, puede iniciarse el proceso sucesional, aunque inicialmente ocurra de manera lenta. Las especies que inician el proceso sucesional deben, por lo general, soportar las condiciones adversas, que, en el caso de las áreas que han sido usadas con uso pecuario, presentan el suelo compactado y en estado avanzado de erosión, además, presentan dominancia de especies con características invasoras, como de poáceas (kikuyo: *Pennisetum clandestinum*; pasto estrella: *Cynodon nlemfuensis*) (figura 4).

**Figura 3.** Áreas degradadas por pastoreo en lo que antes era un bosque altoandino en el municipio de Suesca, Cundinamarca; a) y b) áreas con problemas de erosión por pata de vaca y deslizamientos



a)

c)

Fuente: ERE.

**Figura 4.** Pasto en diferentes momentos de un proceso sucesional: a) fase inicial del proceso de colonización; b) herbazal dominado por dicho pasto 12 kikuyo meses después de iniciado el proceso sucesional



Fuente: ERE.

## La restauración ecológica de áreas afectadas por pastoreo, ¿cómo realizarla?

Las áreas degradadas por uso ganadero por lo general presentan una sintomatología que es dependiente del tipo de gestión como de sus características físico-bióticas. Entre las sintomatologías más comunes se encuentran: a) la compactación del

suelo, b) la erosión por pata de vaca, c) erosión laminar, d) el bajo reclutamiento de las especies típicas de los bosques nativos, e) bancos de semillas pobres es especies nativas, f) una escorrentía superficial incrementada y g) un mayor arrastre de sedimentos por las aguas de escorrentía superficial. También, desde el punto de vista social, pueden generarse comunidades vulnerables por falta de empleo y de recursos económicos. En este sentido, un proyecto de restauración ecológica debe buscar neutralizar y vencer las barreras que pueden presentarse en el proceso de sucesión natural, que no son otra cosa que las afectaciones generadas por los factores tensionantes y limitantes. En los siguientes capítulos, plantearemos una serie de pasos que podrían seguirse para realizar la restauración ecológica de áreas afectadas por pastoreo, con un enfoque de compartimentos (vegetación, fauna, suelo).

## **Restauración ecológica de áreas afectadas por uso agropecuario**

La restauración ecológica como disciplina tiene el propósito de asistir el restablecimiento de las áreas que han sido degradadas por disturbios tanto antrópicos como naturales (SER 2004; Vargas *et al.*, 2007; Barrera-Cataño, 2011). En el caso concreto de áreas afectadas por la ganadería, estas deben ser restauradas cuando han sido abandonadas por su improductividad y tienen problemas fuertes de erosión y compactación. Cuando las áreas son abandonadas, pueden tener la posibilidad de restablecerse espontáneamente si la magnitud de los factores tensionantes y limitantes es menor que la magnitud de los factores potenciadores de la restauración. Si dicha magnitud es mayor, se debe recurrir a su neutralización. Entre los factores tensionantes que deben neutralizarse se encuentran la presencia de especies invasoras, de ganado principalmente. En el caso de los factores limitantes, deben neutralizarse la pobreza de nutrientes, la erosión y la compactación del suelo. Una vez ha ocurrido la neutralización de los factores causantes de la degradación, inicia el proceso de restablecimiento del ecosistema (proceso sucesional).

Cuando es necesario restaurar un sitio afectado por la ganadería, se deben hacer o seguir los pasos de un proceso de restauración ecológica: 1) diagnóstico; 2) zonificación para la restauración; 3) definición de metas y objetivos; 4) definición de tratamientos; 5) implementación y montaje de tratamientos, y 6) evaluación y seguimiento.

1. La fase de diagnóstico requiere de: a) revisión de información secundaria; b) visita rápida de campo para un diagnóstico rápido; c) revisión de imágenes de satélite y fotografías aéreas para la definición de los sitios de muestreo;

- d) definición de variables y de grupos a ser considerados en el muestreo, y e) realización de la caracterización diagnóstica propiamente dicha.
2. La zonificación para la restauración es un producto de la caracterización diagnóstica. Con base en el estado de conservación de cada una de las áreas definidas en la zonificación por coberturas o unidades de paisaje más los resultados de la caracterización (vegetación, fauna, suelos), se define que está menos o más degradado.
3. La definición de metas y objetivos tiene como propósito definir hasta dónde se quiere llevar la restauración; si hasta una recuperación, una rehabilitación o una restauración propiamente dicha. Para evitar que los campesinos dejen el campo y, por lo tanto, puedan producir de una manera sostenible en sus zonas de trabajo, la restauración debe tener como meta una recuperación o una rehabilitación. La idea es hacer implementaciones de sistemas silvopastoriles o agroforestales en las áreas en recuperación.
4. Los tratamientos serán acordes a la zonificación, es decir, al estado de degradación de cada una de las áreas de toda la zona degradada. Se debe trabajar en el control de la erosión y descompactación del suelo, principalmente, aunque cada zona nos mostrará qué se debe hacer en cada una de ellas.
5. La implementación y el montaje se deben realizar, preferiblemente, al inicio de la época de lluvias para asegurar que las especies que se planten o arriben por lluvia de semillas puedan establecerse. Esta actividad debe realizarse con la comunidad de la zona afectada con el ánimo de generar empleos e integración de las comunidades al proyecto.
6. Una vez se hayan realizado los montajes, se deben llevar a cabo las mediciones del momento cero; para ello, se debe elegir como mínimo variables en cada compartimento (vegetación, fauna, suelo). Luego, se debe realizar seguimiento cada tres meses durante dos años, en seguida cada seis meses durante los siguientes tres años y después cada año durante los siguientes cinco años. Posteriormente, se pueden realizar seguimientos cada dos años durante los siguientes diez años. Se debe procurar que las mediciones se realicen en las mismas épocas del año.

## Referencias

- Aguilar-Garavito, M. y Ramírez, W. (Eds.). (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Barrera-Cataño, I. (2011). *Restauración ecológica de bosques altoandinos sometidos a presión antrópica: de lo teórico a lo posible* (Tesis doctoral). Departament de Biología Animal, Biología Vegetal i Ecologia. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- Barrera-Cataño, J. I. y Valdés-López, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, II(12), 11-24.
- Barrera-Cataño J. I., Contreras-Rodriguez, S. M., Garzón-Yepes, N. V., Moreno-Cárdenes, C. A. y Montoya-Villarreal, S. P. (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).
- Begon, M., Townsend, C. y Harper, J. (2006). *Ecology*. United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Buma, B. (2015). Disturbance interactions: Characterization, prediction, and the potential for cascading effects. *Ecosphere*, 6(4), 70.
- Castro-Romero M., Valdés-López, C. y Barrera-Cataño, J. I. (2014). Prioridades de restauración ecológica del suelo y sus servicios ecosistémicos asociados, degradados por uso agropecuario en la Microcuenca Santa Helena (Suesca – Cundinamarca). *Caldasia*, 36(1): 37-52.
- Etter A., Mcalpine, C. y Possingham, H. (2008). A historical analysis of the spatial and temporal drivers of landscape change in Colombia since 1500. *Annals of the American Association of Geographers*, 98(1), 2-23.
- Forman, R. T. T. y Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Pickett, S. T. A. y White, P. S. (Eds.). (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics* (1st ed.). New York: Academic Press.
- Society for Ecological Restoration (SER). (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Society for Ecological Restoration International, Tucson.
- Vargas J. O. (Ed.). (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Bogotá: Grupo de Restauración Ecológica, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- White, P., Jentsch. (2001). The search for generality in studies of disturbance and *Ecosystem Dynamics*. *Progress in Botany*, 62.

# **Capítulo 1. Los ecosistemas, el contexto subandino y las características de las zonas disturbadas en estudio**

HÉCTOR EDWIN BELTRÁN-GUTIÉRREZ

JOHN FREDY LÓPEZ LÓPEZ

## **Clasificación de los ecosistemas en Colombia**

Colombia forma parte de una de las ecorregiones terrestres prioritarias a nivel mundial, debido a su amplia variedad de formaciones vegetales, representadas por páramos, bosques altoandinos, andinos y subandinos considerados como únicos en el contexto mundial y sobre los cuales se ha ejercido una fuerte presión antrópica a lo largo de los años (Rodríguez *et al.*, 2006). La diversidad y complejidad en nuestros ecosistemas son dos de las cualidades que mejor pueden describir el patrimonio ecológico del país (Murcia *et al.*, 2013). Colombia solo ocupa el 0,22 % de la superficie terrestre y alberga cerca del 10 % de las especies conocidas en la actualidad. Esta alta diversidad biológica se deriva de la multiplicidad de factores, tanto geográficos como climáticos, ecológicos y evolutivos que originan un mosaico complejo de ecosistemas, especies y procesos que rigen los patrones biológicos en sus diferentes regiones (Andrade, 2011).

La clasificación de estos ecosistemas se basa en muchos criterios (vegetación, suelos, formas del paisaje), escalas temporales y espaciales y propósitos. Las propuestas de clasificación de la vegetación han estado ligadas a la caracterización de los ecosistemas y se han basado en la utilización de diferentes enfoques. El eje central de la clasificación de ecosistemas naturales se fundamenta en la cobertura vegetal asociada a rangos altitudinales y de humedad, y paisaje geomorfológico, que incluye información sobre los componentes edáfico y climático como atributos

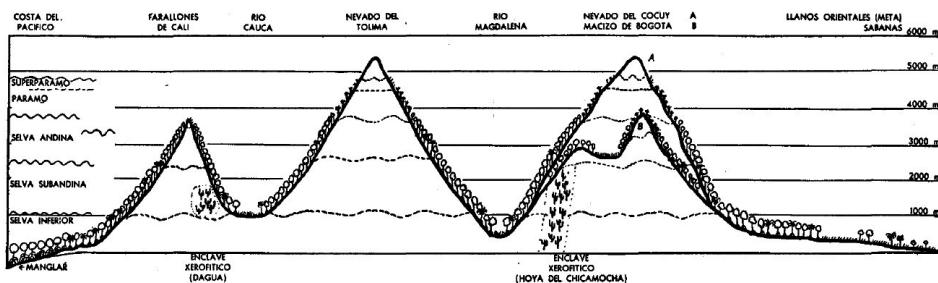
de las unidades de cobertura diferenciadas. En este sentido, los efectos derivados de la interacción de estas características, junto con otros factores meteorológicos, determinan regiones ecoclimáticas que pueden ser usadas para determinar límites entre ecosistemas a nivel de macro y mesoescalas. Las diferencias climáticas en una región se refleja en la vegetación mediante cambios en la estructura y dominancia de las formas, cambios en la dominancia y composición de especies (Rodríguez *et al.*, 2006).

La distribución climática de los Andes colombianos está en función de la orografía, ya que depende fundamentalmente de la altitud y la distribución de los vientos sobre el relieve, por lo que existe una gran variación climática a lo largo y ancho de la zona andina del país. Esta variación se puede describir con base en los pisos climáticos y las condiciones de humedad, y tiene consecuencias fundamentales en las relaciones funcionales y ecológicas de los ecosistemas montanos (Rodríguez *et al.*, 2006).

Teniendo en cuenta los trabajos realizados por Cuatrecasas (1958) y las características bioclimáticas de nuestro país, se consideran las siguientes ocho formaciones vegetales (figura 1):

1. La selva neotropical (o selva lluviosa neotropical perennifolia).
  - a. La selva neotropical inferior.
  - b. La selva subandina (o bosque subandino).
  - c. La selva andina (o bosque andino).
2. Formaciones de páramo.
  - a. El subpáramo.
  - b. El páramo propiamente dicho.
  - c. El superpáramo.
3. La sabana.
  - a. La sabana casmófita.
4. Formaciones xerófitas o subxerófitas.
5. Los manglares.
6. Formaciones de playa y márgenes.
7. Los prados.
8. Formaciones acuáticas.

**Figura 1.** Esquema simplificado de las formaciones climáticas según pisos altitudinales en una sección transversal del territorio colombiano



Fuente: Cuatrecasas (1958).

Los Andes colombianos poseen un área aproximada de 280.000 km<sup>2</sup>, es decir, el 24,52 % del territorio nacional emergido, el cual está conformado por 162 ecosistemas naturales agrupados en 36 biomas y cuatro tipos generales de bioma, que ocupan el 38,24 % de su área (Armenteras y Rodríguez, 2007) (figura 2).

## El bosque subandino

La selva subandina se extiende desde 1000 a 2400 m de altitud por las faldas de las cordilleras. La temperatura media va de 23 a 16 °C. Las precipitaciones se calculan entre 1000 y 4000 mm anuales, regularmente distribuidas. La fisionomía de estos bosques es semejante a la de la selva inferior, pero contienen menor número de especies con raíces estribos, menor cantidad de lianas y de epífitas leñosas, con algunas especies arbóreas con hojas menores y menor cantidad de grandes palmas (Cuatrecasas, 1958; Rudas *et al.*, 2007).

En términos ecológicos, lo que suele llamarse la selva subandina se constituye en una transición entre el trópico propiamente dicho y los ambientes de alta montaña, razón por la cual comparte una buena proporción de sus especies con ambas formaciones vegetales (Rodríguez *et al.*, 2006). En el bosque subandino, las formaciones vegetales predominantes, de acuerdo con el sistema Holdridge, corresponden a bosque húmedo y muy húmedo premontano hasta bosque húmedo y muy húmedo montano bajo (Espinal, 1977; Barrera, 1996), con una temperatura media anual mayor a 12 °C y una precipitación media anual entre 1000 y 2000 mm (Gutiérrez, 1991) (figura 2).

Alrededor de los 2000 m de altura, las selvas subandinas están predominantemente compuestas de árboles pertenecientes a los géneros: *Tara*, *Calliandra*

(Leguminosae); *Miconia*, *Meriana*, *Tibouchina* (Melastomataceae); *Euplassa*, *Rou-pala*, *Panopsis* (Proteaceae); *Ladenbergia*, *Cinchona*, *Elaeagia*, *Holtonia* (Rubiaceae); *Banara* (Flacourtiaceae); *Lacistema* (Lacistemaceae); *Rapanea* (Myrcinaceae); *Befaria* (Ericaceae); *Alcornea* (Euphorbiaceae); *Lafoensia* (Lythraceae); *Cecropia*, *Ficus* (Moraceae); *Escallonia* (Escalloniaceae); *Billia* (Hippocastaneceae); *Helicocarpus* (Tiliaceae); *Clusia* (Clusiaceae); *Vismia* (Hypericaceae); *Freziera* (Theaceae); *Cordia* (Borraginaceae); *Weinmannia* (Cunoniaceae); *Nectandra* (Lauraceae); *Quercus* (Fagaceae); *Clethra* (Clethraceae); *Saurauia* (Actinidiaceae); *Toxicodendron* (Rutaceae); *Brunellia* (Brunelliaceae).

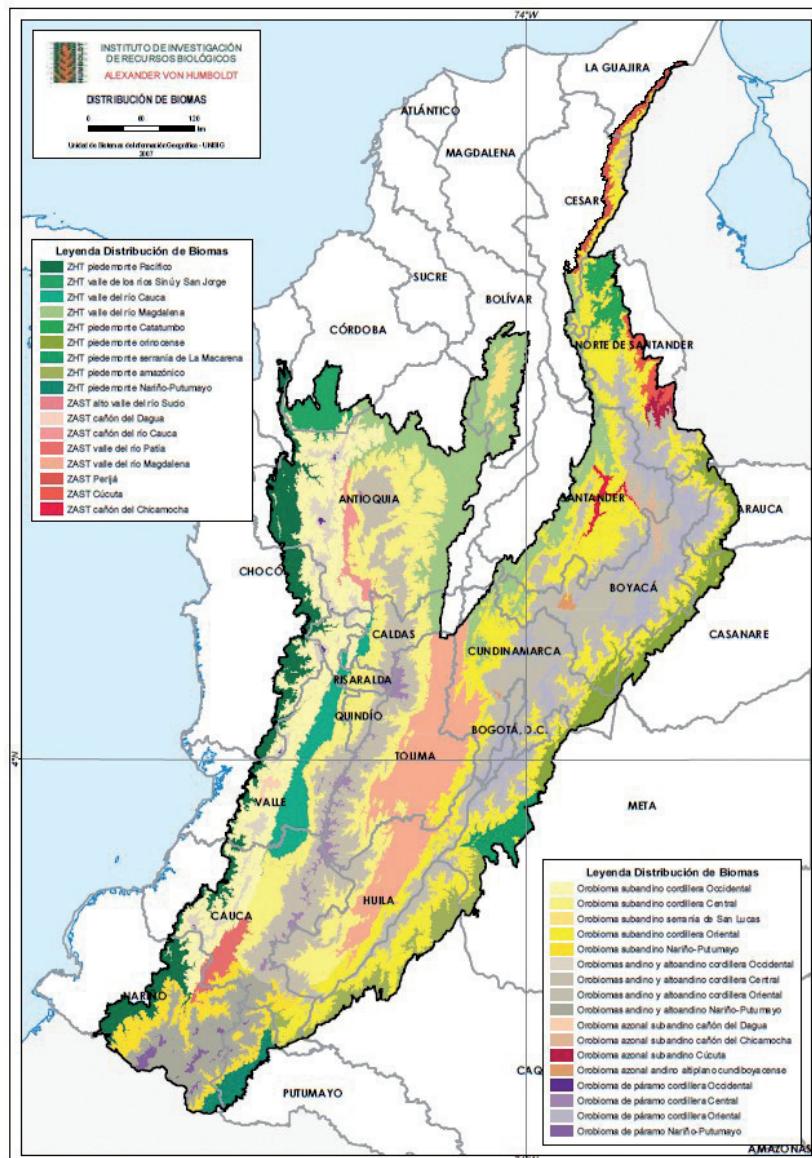
La vegetación dominante en el bosque subandino puede estar constituida por robledales (principalmente por *Quercus humboldtii*), que presentan una amplia distribución en las vertientes de las tres cordilleras, en un rango entre 1000 y 3450 m. s. n. m. (Ávila *et al.*, 2010; Reina *et al.*, 2010), y que puede asociarse a especies de los géneros *Alfaroa*, *Weinmannia* y *Clusia*. En localidades con mayor precipitación, habita otro tipo de vegetación constituido por selvas de Lauráceas, dominadas principalmente por especies de los géneros *Nectandra* y *Ocotea*; y en las vertientes húmedas, dominan las selvas con especies de *Hedyosmum* (Rangel *et al.*, 1997); el dosel del bosque puede alcanzar altura de 35 m, y en él es común la presencia de palmas, variadas epífitas, orquídeas y helechos arbóreos (Rudas *et al.*, 2007).

Los bosques subandinos proporcionan importantes servicios ambientales como la captación de precipitaciones, la infiltración del agua y la regulación de la escorrentía. Además del efecto protector que protege el suelo del bosque, mantiene su estructura y controla la sedimentación. Dichas características hacen que este bosque sea considerado como una unidad de suma importancia en cuanto a diversidad biológica y función ecológica, y constituye una fuente primordial de recursos naturales (Hernández *et al.*, 2011). Gran parte de la extensión de los bosques subandinos se distribuyen dentro de la región andina, característica por poseer la mayoría de recursos hídricos del país y generar tierras muy fértils y productivas, en donde las principales actividades humanas son la agricultura, la explotación de petróleo, esmeraldas, sal y otras riquezas mineras (Rudas *et al.*, 2007).

En los Andes colombianos, el piso bioclimático subandino se distribuye entre los 1050 y los 2400 m. s. n. m. para las tres cadenas montañosas principales; sin embargo, estos rangos varían de acuerdo con la vertiente y la cordillera (figura 3) (Rodríguez *et al.*, 2006). En la cordillera Occidental, el rango varía entre 1100-2200 m. s. n. m. para la vertiente occidental, y entre 1200-2400 m. s. n. m. para la oriental. En el caso de la cordillera Central, la distribución del piso bioclimático subandino

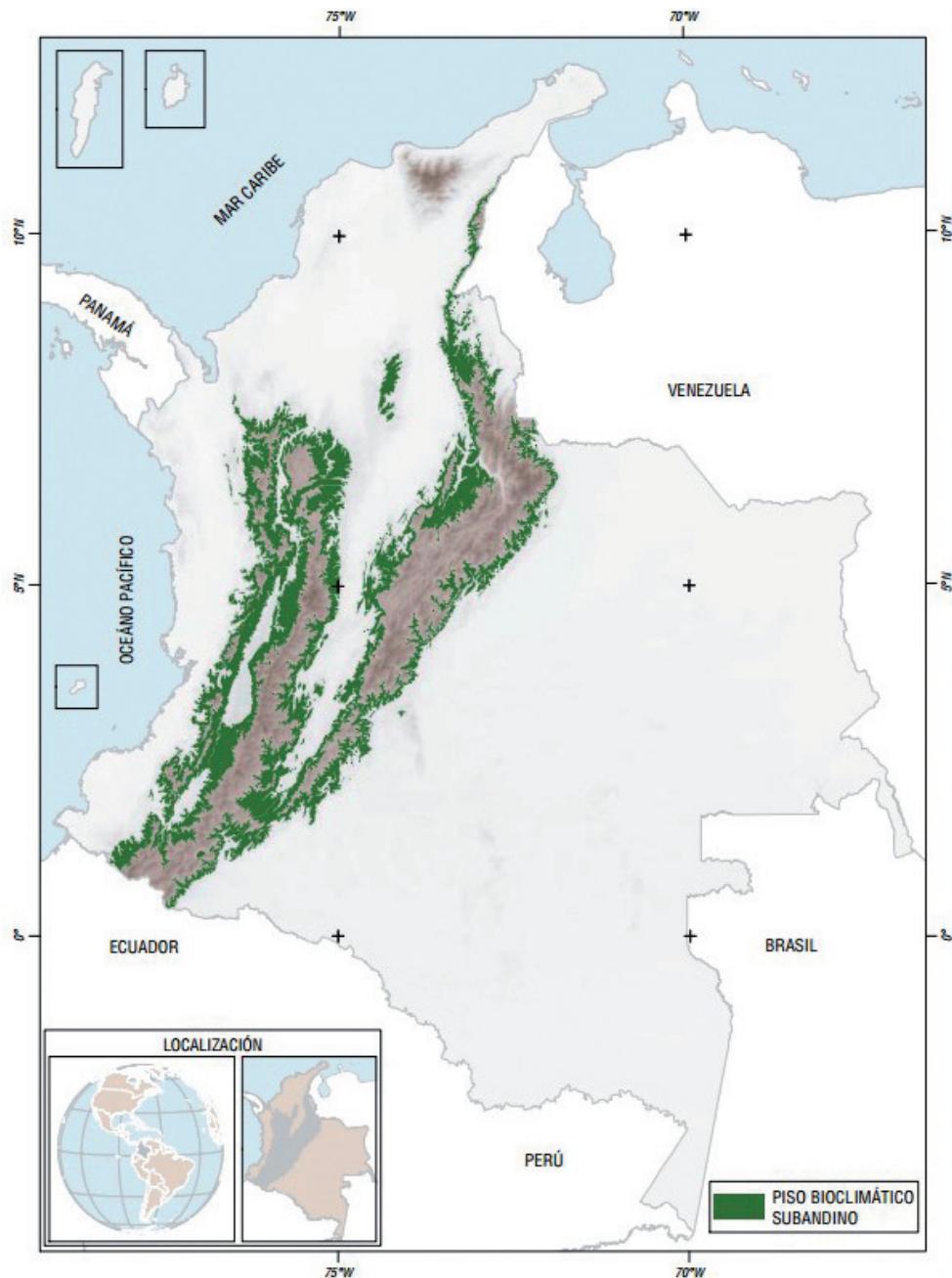
en ambas vertientes se da en el rango de 1200 a 2200 m. s. n. m. Finalmente, para la cordillera Oriental, estos rangos varían en la vertiente occidental entre 1050-2400 m. s. n. m. y entre 1100-2300 m. s. n. m. para la vertiente oriental.

**Figura 2.** Tipos generales de biomas en los Andes colombianos



Fuente: Armenteras (2007).

**Figura 3.** Distribución del piso bioclimático subandino en los Andes colombianos



Fuente: Rudas *et al.* (2007).

## Transformación de los ecosistemas subandinos en Colombia

Colombia es considerada como una de las regiones más diversas de flora y fauna en el mundo, por lo que es considerado un país megadiverso; sin embargo, hoy en día, todos sus ecosistemas se encuentran bajo amenaza de desaparición, debido principalmente a la pérdida de la biodiversidad y a los procesos de transformación de sus paisajes (Cháves y Arango, 1998; Fandiño y Ferreira, 1998; Armenteras *et al.*, 2003). En el caso de los ecosistemas andinos, la pérdida de biodiversidad y la transformación del paisaje natural han sido tan drásticas en las últimas décadas que ecosistemas completos y un alto número de especies, entre las que se encuentran aquellas endémicas de la región, están hoy en día amenazados de desaparición, lo que trae consecuencias en los múltiples bienes y servicios que la región brinda para el desarrollo de actividades sociales y económicas de las comunidades allí asentadas (Rodríguez *et al.*, 2006).

En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas más rápida y extensamente que en ningún otro periodo de tiempo comparable de la historia humana, en gran parte para resolver rápidamente las demandas crecientes de alimento, agua dulce, madera, fibra y combustible, lo que genera una pérdida considerable y en gran medida irreversible de la diversidad de la vida sobre la Tierra. Estos cambios han contribuido a obtener considerables beneficios netos en el bienestar humano y el desarrollo económico, pero estos beneficios se han obtenido con crecientes costos consistentes en la degradación de muchos servicios de los ecosistemas, un mayor riesgo de cambios no lineales y la acentuación de la pobreza de algunos grupos de personas. Lo anterior lleva al desafío de introducir cambios en las políticas, instituciones y prácticas que contribuyan a revertir la degradación de los ecosistemas y, al mismo tiempo, satisfacer las mayores demandas de servicios de las poblaciones (Sarmiento *et al.*, 2006).

En este sentido, la fragmentación de ecosistemas se considera como una de las principales causantes de grandes cambios en la composición, estructura y función original de un ecosistema; se han alterado, por ejemplo, la pérdida en la conectividad, la creación de bordes sobre el hábitat o el aislamiento de fragmentos, lo que ha provocado dinámicas muy diferentes sobre las poblaciones biológicas que allí se sustentan (Sarmiento *et al.*, 2006). Igualmente, los efectos de fragmentación de los bosques andinos no solo involucran la modificación de la estructura del paisaje, sino, además, cambios en su funcionamiento, y originan la extinción de muchas especies en una escala local o regional (Bierregard y Stouffer, 1997) porque

su reducción afecta a las especies que requieren de hábitats continuos y de gran tamaño para mantener sus poblaciones (Wilson, 1998), además aumenta el riesgo de extinción de las especies aisladas en los relictos y cambia la composición de las especies de las áreas remanentes, lo cual dificulta encontrar transectos altitudinales completos y una efectiva conexión latitudinal (Vargas, 2007). Por lo anterior, es necesario conocer bien la vegetación remanente y su diversidad florística al igual que las secuencias vegetacionales de sucesión espontánea y su estado de degradación (Cortés, 2003).

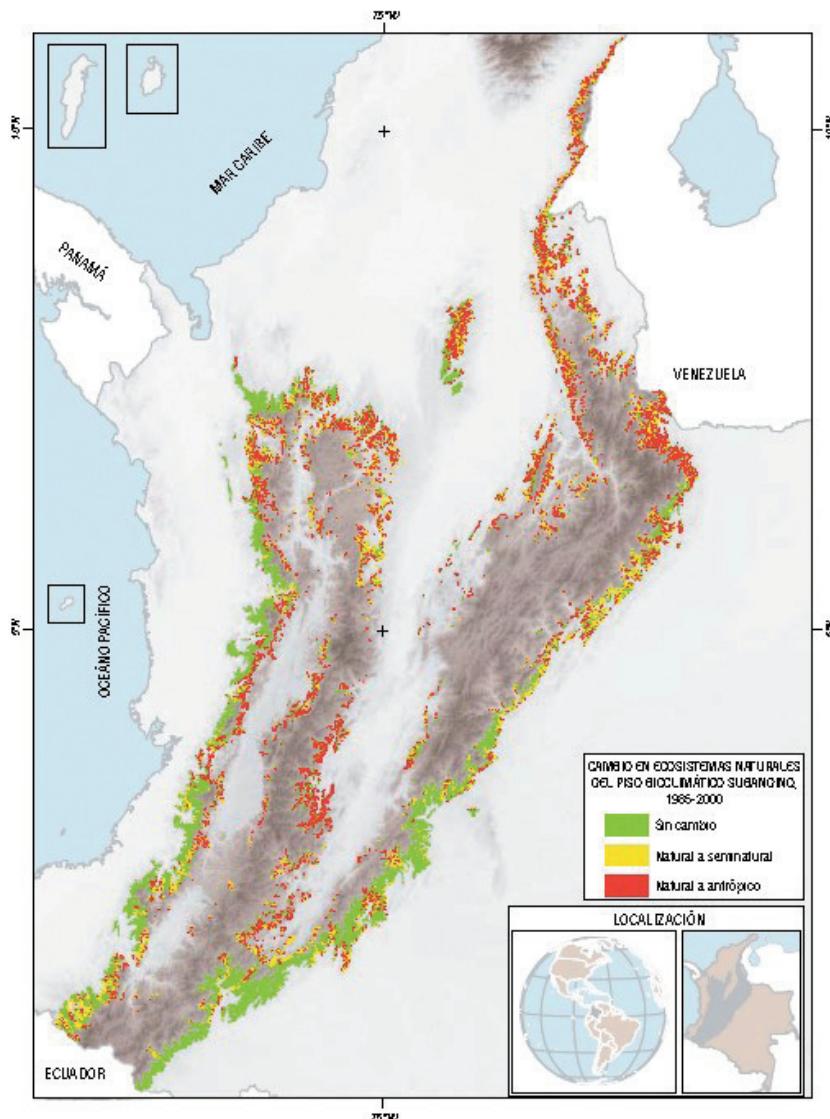
De acuerdo con análisis realizados en los últimos años, los ecosistemas naturales boscosos del piso bioclimático subandino perdieron más de 400.000 hectáreas. De estas, una considerable proporción corresponde al cambio a agroecosistemas (coberturas antrópicas), aunque también se registra un ligero aumento de ecosistemas asociados a coberturas del suelo de carácter seminatural como la vegetación secundaria (figura 4). De manera general, cuando hablamos de estos cambios en los bosques subandinos originales, nos estamos refiriendo a los efectos ocasionados por los disturbios, los cuales se definen como “eventos discretos y externos que alteran un ecosistema, comunidad o población, que cambian la disponibilidad de recursos y permiten el establecimiento de nuevos individuos” (Pickett y White, 1985).

La ocurrencia de disturbios como la agricultura, la ganadería, las plantaciones forestales, los cuales han ocurrido durante largos períodos de tiempo, puede generar procesos negativos de alteración dentro de la estructura y función de los ecosistemas así (Posada y Cárdenas, 1999; Vargas *et al.*, 2002; Cárdenas *et al.*, 2002):

- Disminución en la estratificación de la vegetación por pérdida de especies vegetales.
- Eliminación de mecanismos de regeneración reproductiva por mortalidad de plántulas.
- Pérdida de los bancos de semillas.
- Arribo de especies foráneas.
- Alteración de procesos hídricos debido al pisoteo de ganado que promueve el establecimiento de especies como musgos.
- Cambios en las abundancias relativas de las especies: cambia la estructura vertical y horizontal de la comunidad y aumentan los valores de la relación biomasa asimilatoria/necromasa.
- Compactación del suelo y selección de las especies más resistentes al pisoteo: en suelos compactados, por pisoteo se seleccionan especies cuyos rasgos de

historia de vida privilegian la regeneración vegetativa y, en algunos casos, la posesión de bancos de semillas abundantes, estos rasgos permiten a las especies resistir tanto el estrés natural como la presión constante de pisoteo y herbivoría.

**Figura 4.** Cambio en los ecosistemas naturales del piso subandino

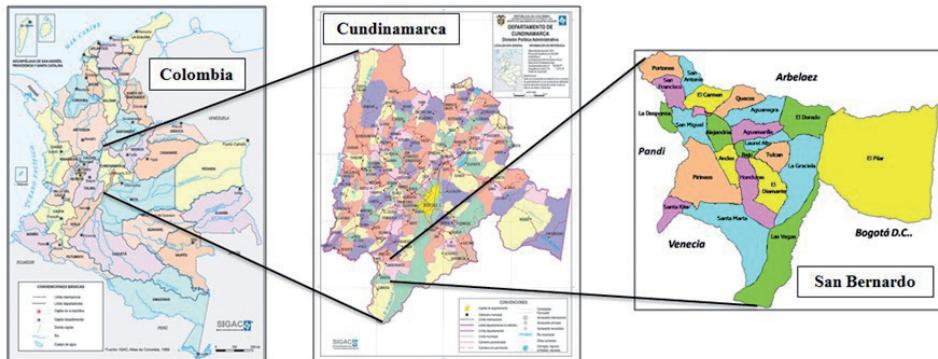


Fuente: Rudas *et al.* (2007).

## Información general del municipio de San Bernardo

San Bernardo limita con los siguientes municipios: por el norte, con Arbeláez; por el oriente, con Bogotá; por el sur, con Venecia y Cabrera, y por el occidente, con Pandi (figura 5), a una distancia de 99 km de la ciudad de Bogotá y una altitud en su cabecera municipal de 1600 m. s. n. m. El municipio cuenta con una extensión de 248,98 km<sup>2</sup>, de los cuales 0,6 km<sup>2</sup> corresponden a área urbana y 248,38 km<sup>2</sup>, a área rural. Igualmente, presenta una precipitación media anual de 1528 mm y una temperatura cercana a los 20 °C. Por último, la población total en el municipio de San Bernardo es de 9932 habitantes, distribuidos así: en la cabecera municipal 3316 habitantes y en el sector rural 6616 (Alcaldía Municipal de San Bernardo, 2000).

**Figura 5.** Ubicación geográfica del municipio de San Bernardo



**Fuente:** adaptado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Alcaldía Municipal de San Bernardo (2010).

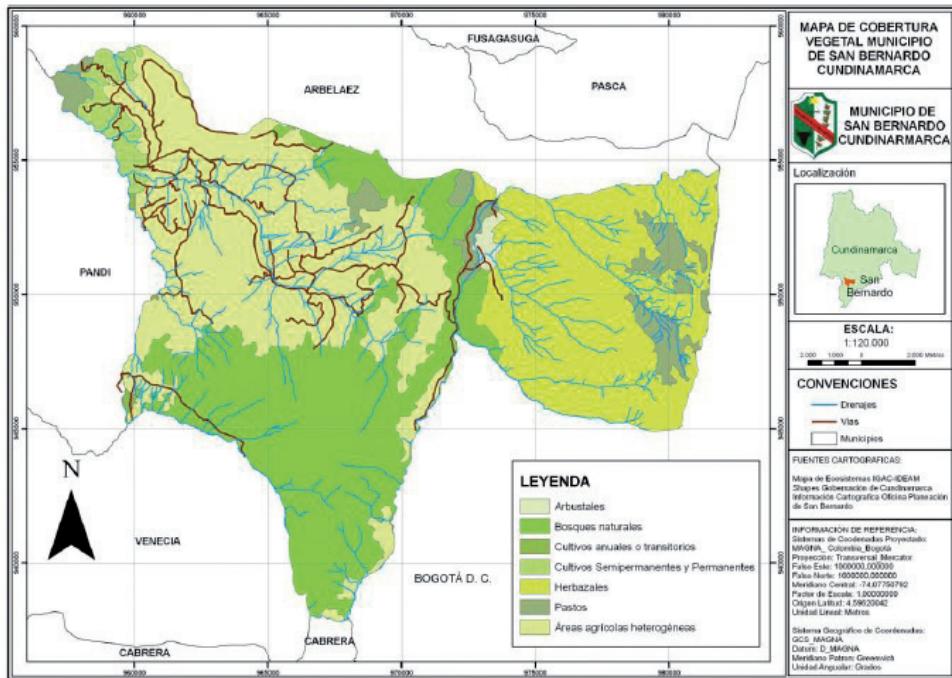
Las coberturas vegetales del municipio de San Bernardo exhiben una amplia variedad de características asociadas a varios tipos de actividades (Alcaldía Municipal de San Bernardo, 2010) (figura 6):

- Pastos: coberturas de especies herbáceas que han sido plantadas, generalmente utilizadas para actividades ganaderas. Pueden ser pastos limpios, arbola-dos, enmalezados o enrastrojados.
- Áreas agrícolas heterogéneas: áreas que presentan mezcla de diferentes tipos de cultivos, a manera de mosaicos de cultivos anuales y permanentes; pastos y cultivos; cultivos, pastos y espacios naturales.

- Bosques naturales: comunidades vegetales dominadas por árboles de altura promedio superior a 5 m y con densidad de copas superior al 70 % con una extensión superior a las 50 ha. Incluye bosques densos, fragmentados, de galería o riparios, y manglares.
- Cultivos semipermanentes y permanentes: tierras dedicadas a cultivos cuyo ciclo vegetativo es superior a un año y donde se producen varias cosechas sin necesidad de volver a plantar. Se presentan cultivos permanentes como caña de azúcar, caña panelera, plátano y banano.
- Herbazales: vegetación dominada por hierbas y gramíneas. Los herbazales pueden presentar árboles y arbustos. En esta clase, se encuentran herbazales de páramos, de sabanas y xerofíticos.
- Cultivos anuales o transitorios: áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo dura un año o menos, llegando incluso a ser de unos pocos meses. Se caracterizan, fundamentalmente, porque, después de la cosecha, es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo.
- Arbustales: en este tipo de vegetación, los elementos leñosos predominantes corresponden a arbustos. Incluye arbustales de páramo, de sabana o xerofíticos.

En lo relacionado con el uso y la cobertura del suelo, el 77,67 % está dedicado a la actividad agrícola y silvícola, y el 22,34 % se encuentra bajo coberturas y usos no considerados generalmente como de actividad agropecuaria (cuerpos de agua, bosques naturales, eriales y otros fines). Dentro del total de terrenos dedicados a actividades agrícolas y silvícolas, el 68,3 % del área está destinado para pastos y malezas; el 9,11 %, para cultivos permanentes, transitorios, barbechos y descanso; el 0,23 %, para bosques plantados; el 0,02 %, para actividades asociadas a la porcicultura, la avicultura, la piscicultura, la floricultura, el beneficio y las enramadas, y el 22,32 % restante se encuentra bajo coberturas y usos no considerados generalmente como de actividad agropecuaria (Alcaldía Municipal de San Bernardo, 2000) (figura 7).

**Figura 6.** Coberturas vegetales del municipio de San Bernardo



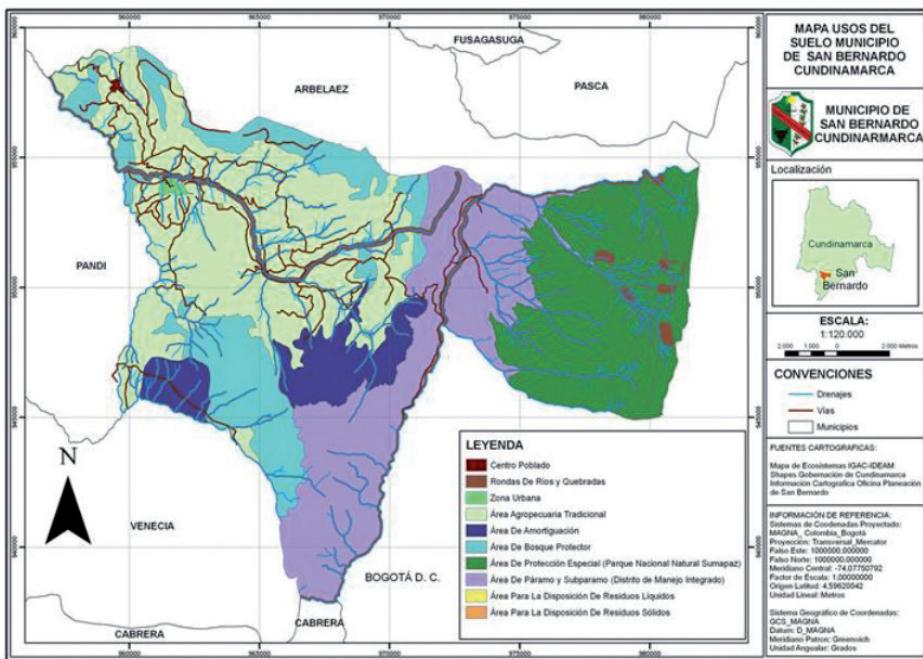
Fuente: Alcaldía Municipal de San Bernardo (2010).

El municipio de San Bernardo posee unas características geológicas específicas que determinan notablemente por qué se presentan constantemente fenómenos de remoción en masa, especialmente en temporada de lluvias, ya que por factores antrópicos, se desarrollan más rápidamente estas emergencias (figura 8) (Alcaldía Municipal de San Bernardo, 2010):

**Formación Seca (KPGS):** arcillolitas rojizas abigarradas con niveles de arenita, nombre dado por De Porta (1966) para designar una sucesión lutítica de tono principalmente rojizo violáceo, que aflora en la quebrada Seca (municipio de Cambao). El autor indica como localidad tipo la carretera Cambao-San Juan de Río Seco y como una sección de referencia la que se encuentra en la carretera Honda-Guaduas.

**Lodolitas de Fusagasugá (PGLF):** lodolitas y limolitas grises rojizas y blancas, intercaladas con arenitas líticas en capas gruesas. Las lodolitas de Fusagasugá son una unidad relativamente más arenosa, presentan un espesor considerablemente mayor, y están dispuestas de forma discordante sobre la Formación Guaduas.

**Figura 7.** Usos del suelo del municipio de San Bernardo

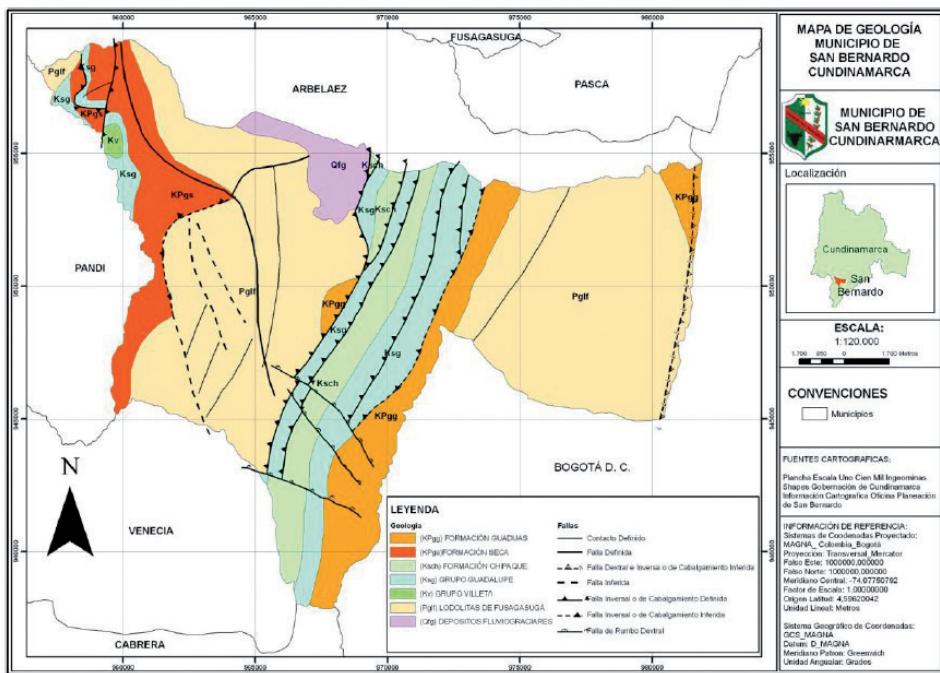


Fuente: Alcaldía Municipal de San Bernardo (2010).

- **Formación Chipaque (Ksch):** lodolitas y arcillolitas gris oscuras, con abundantes intercalaciones de arenitas y calizas.
- **Grupo Guadalupe (Ksg):** arenitas finas a muy finas de cuarzo en capas delgadas a muy gruesas.
- **Depósitos Fluvioglaciares (Qfg):** bloques y cantos angulares a subredondeados de cuarzo.

El área del municipio de San Bernardo tiene zonas de altas pendientes, las cuales, sumadas a la geología, proporcionan el estado ideal para la presentación de procesos de remoción en masa. Sus pendientes están entre 12 y 50 % de inclinación (figura 9) (Alcaldía Municipal de San Bernardo, 2010).

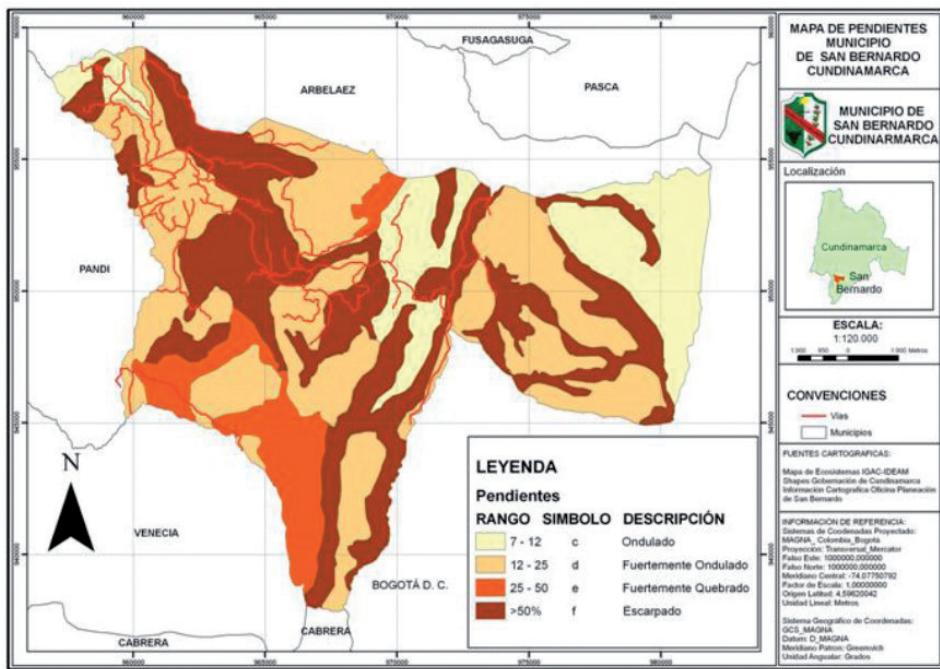
**Figura 8.** Geología del municipio de San Bernardo



**Fuente:** Alcaldía Municipal de San Bernardo (2010).

La distribución espacial de la lluvia en la zona, de acuerdo con las estaciones meteorológicas, permite observar que la pluviosidad presenta un registro medio anual que oscila entre 792 mm anuales y 1087 mm. En general, los registros medios extremos de precipitación se encuentran alrededor de los 930 mm anuales (figura 10).

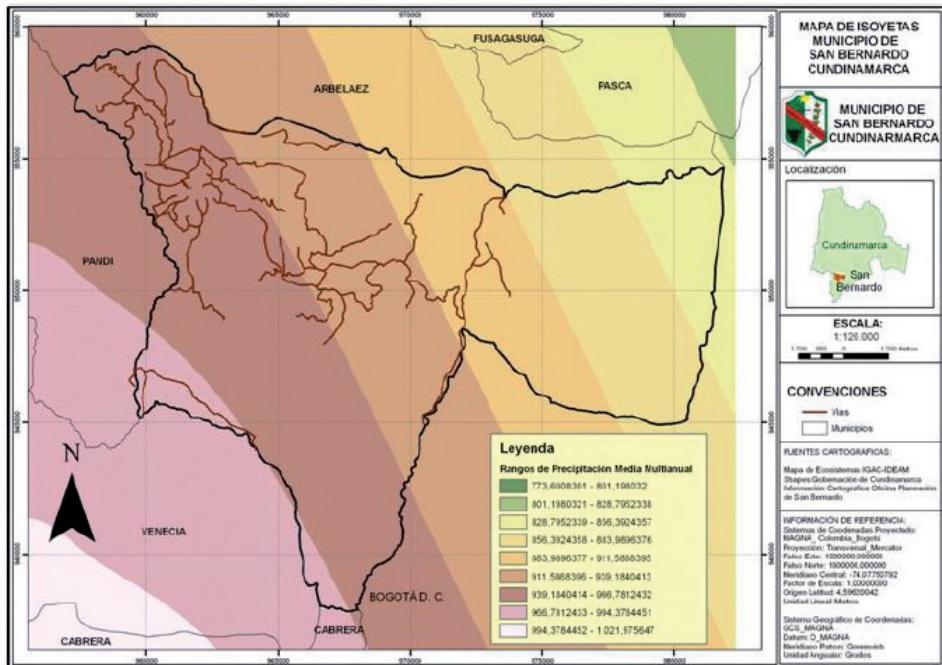
**Figura 9.** Distribución de pendientes del municipio de San Bernardo



Fuente: Alcaldía Municipal de San Bernardo (2010).

Por las características anteriormente descritas, el municipio de San Bernardo presenta particularidades tanto naturales como antrópicas que promueven la generación y aceleración de los fenómenos de inestabilidad de suelos, los cuales definen los potenciales riesgos geológicos a que está sometida la región. El municipio ha presentado desde hace varios años zonas afectadas por procesos de inestabilidad de diversas características y magnitudes, razón por la cual efectuó una zonificación de riesgos que fue plasmada en el esquema de ordenamiento territorial (figura 11).

**Figura 10.** Distribución de la pluviosidad en el municipio de San Bernardo

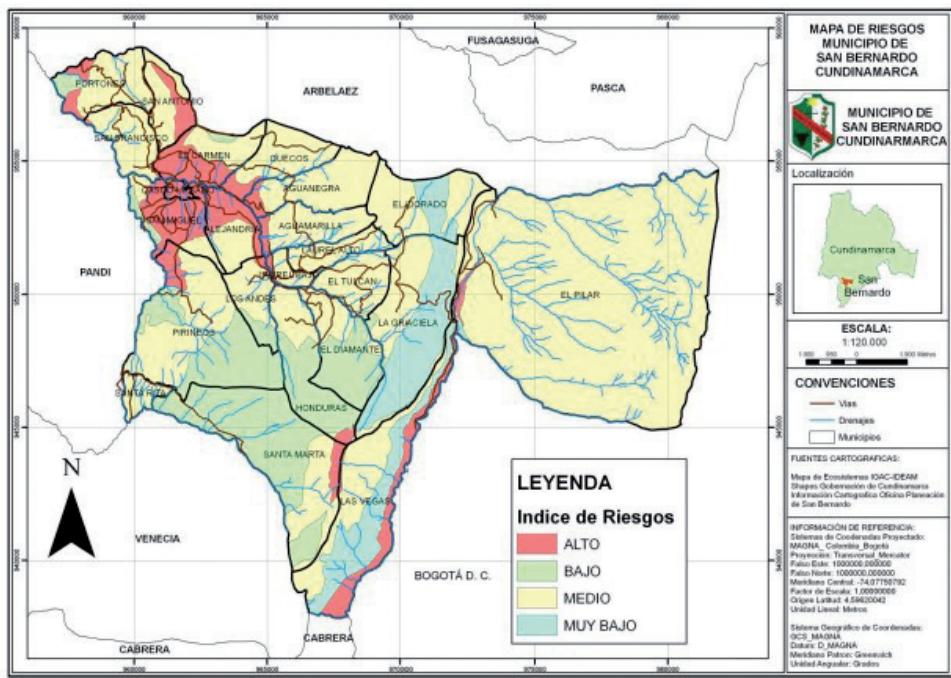


Fuente: Alcaldía Municipal de San Bernardo (2010).

## Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la vereda Pirineos Bajo, finca El Pensil, en las coordenadas geográficas 04°08'7,9"N y 074°25'31,5"W, a una altitud promedio de 2000 m. s. n. m. De acuerdo con el mapa de zonificación de suelos, las áreas están clasificadas como zonas de agricultura tradicional, las cuales están compuestas por suelos susceptibles a procesos erosivos y de mediana a baja capacidad agro-lógica, donde se debe dedicar como mínimo el 20 % de los predios para uso forestal protector-productor (Alcaldía Municipal de San Bernardo, 2010) (figura 12). El presente estudio se realizó entre los años 2013 y 2015, en un área aproximada de la finca El Pensil de 15 ha.

Figura 11. Mapa de riesgos del municipio de San Bernardo

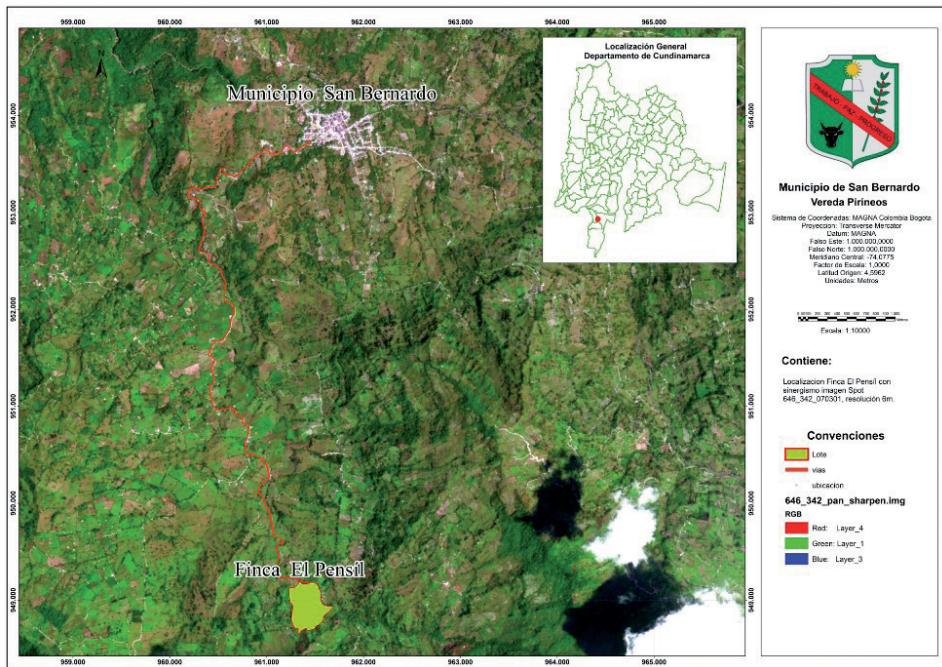


Fuente: Alcaldía Municipal de San Bernardo (2010).

## Análisis de coberturas en el sitio de estudio

Para un adecuado entendimiento del proceso de georreferenciación y determinación de las coberturas de la finca El Pensil, de la vereda Pirineos Bajo, del municipio de San Bernardo, se tuvieron en cuenta procesos como el de la georreferenciación, el cual permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra. Existen, por tanto, dos sistemas de coordenadas: el sistema origen y el sistema destino. Este proceso es determinado con una relación de posiciones entre elementos espaciales en ambos sistemas, de manera que, conociendo la posición en uno de los sistemas de coordenadas, es posible obtener la posición homóloga en el otro sistema (Dávila y Camacho, 2012). Igualmente, se tuvo en cuenta la fotointerpretación como técnica para examinar imágenes fotográficas de un área, con el propósito de identificar diferentes componentes captados por la película, que se encontraban sobre la superficie en el momento de fotografiarla y que pueden suministrar información de interés.

**Figura 12.** Ubicación del área de estudio



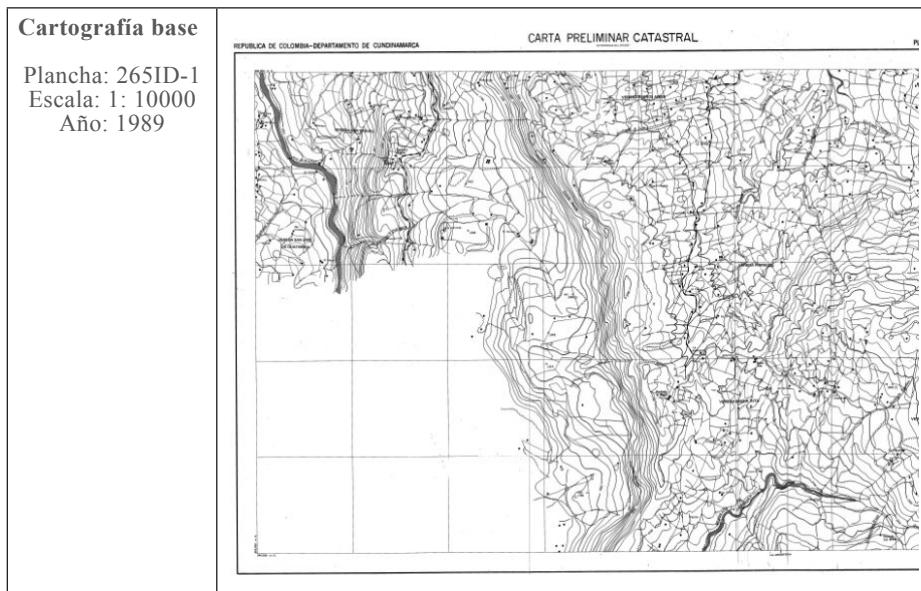
**Fuente:** adaptado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2013).

## Métodos para la definición de las coberturas

### *Georreferenciación y asignación de sistema de coordenadas*

Para realizar el análisis de interpretación de coberturas, fue necesario contar con información que se encuentre en un mismo sistema de coordenadas; para este fin, es necesario realizar un proceso de georreferenciación a la plancha cartográfica 265ID-1 (figura 13). En esta actividad, se identificaron dieciséis puntos en una grilla coordenada y en la plancha cartográfica, se procedió a generar el ajuste de la plancha a partir de un modelo polinomial de primer grado, el cual utiliza parámetros como mover, rotar, escalar.

**Figura 13.** Plancha cartográfica de georreferenciación

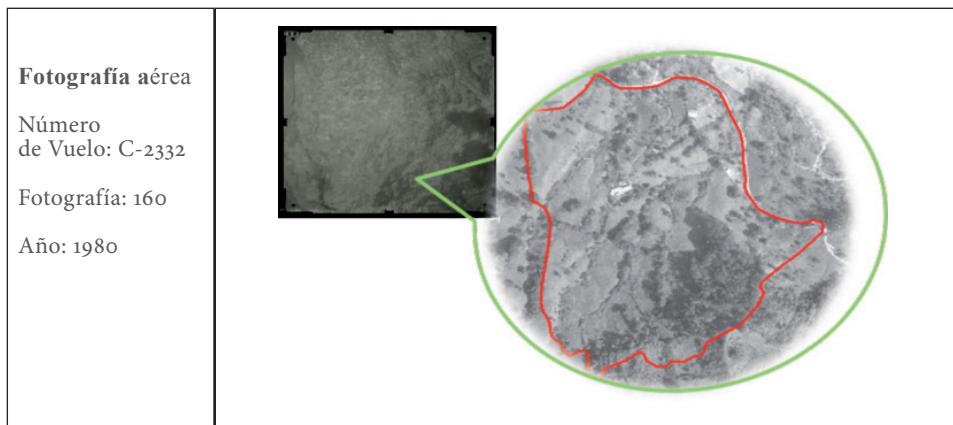


**Fuente:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1989).

### *Fotointerpretación*

Es el proceso de examinar imágenes capturadas por vehículos aerotransportados, como fotografías o imágenes satelitales. El propósito de la fotointerpretación es identificar objetos que permitan desarrollar análisis cualitativo y cuantitativo. Para la fotointerpretación, se tuvieron en cuenta parámetros de textura, sombras, tonalidad, asociación de las formas en su entorno, y se tuvo como resultado la fotointerpretación de especies de pastizales, relictos de bosques y plantación. Se muestra la fotointerpretación del área de estudio con base en la aerofotografía 160 con número de vuelo C-2332 de 1980 (figura 14).

**Figura 14.** Fotointerpretación del área de estudio



**Fuente:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1989).

### *Rectificación de la fotografía aérea*

Para la interpretación de la imagen, fue necesario realizar una rectificación a la fotografía aérea, utilizando la plancha cartográfica 265ID-1. Con la plancha cartográfica georreferenciada, se identificaron puntos homólogos en la fotografía aérea y la cartografía; con la generación de estos puntos, se puede realizar un ajuste a través de un modelo polinomial de tercer grado, el cual utiliza parámetros como mover, rotar, escalar y doblar, ya que una fotografía sufre efectos por escala, por relieve y por movimientos que genera el avión en el momento de la toma.

### *Clasificación supervisada*

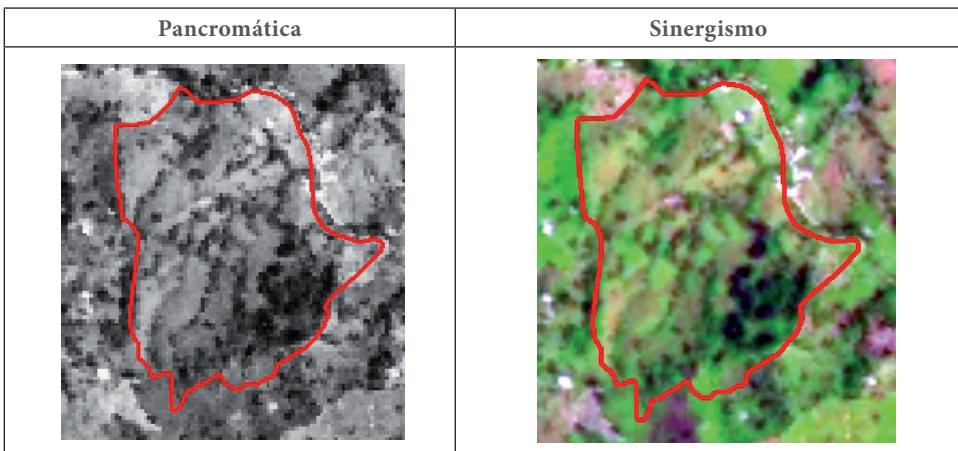
Es el proceso de ordenar píxeles en un número finito de clases individuales o en categorías de datos basados en sus valores. Si un píxel satisface una serie de criterios, entonces se le asigna a dicho píxel la clase que corresponde a ese criterio a evaluar. El proceso se puede resumir en las siguientes etapas: análisis visual y estadístico de la imagen y de sus bandas; elaboración de la leyenda del mapa; selección y delimitación de áreas pilotos; generación y evaluación de sus estadísticas y reajustes; elección y aplicación del algoritmo de clasificación; reajustes y clasificación de nuevo, y, finalmente, la evaluación de los resultados y su presentación (Posada *et al.*, 2012).

La clasificación supervisada requiere de cierto conocimiento del terreno y los tipos de coberturas, a través de una combinación de trabajo de campo, análisis de fotografías aéreas, mapas e informes técnicos y referencias profesionales y locales.

Con base en este conocimiento, se definen y delimitan sobre la imagen las áreas. Las características espetrales de estas áreas son utilizadas para “entrenar” un algoritmo de clasificación, el cual calcula los parámetros estadísticos de cada banda para cada sitio, para luego evaluar cada nivel digital (ND) de la imagen, compararlo y asignarlo a una respectiva clase. La clasificación supervisada pretende definir las clases temáticas que no tengan claro un significado espectral, por esto es considerada como un método artificial (Posada *et al.*, 2012).

En nuestro estudio, el primer paso fue la delimitación de los campos de entrenamiento de tres superficies: pastizal, relictos de bosque y matorral, luego se asignó un identificador a cada tipo de cubierta, se analizaron los píxeles que constituyen los campos de entrenamiento y se generaron las signaturas espetrales para cada clase. Por último, se clasificó toda la imagen de la zona de estudio píxel a píxel, mediante la comparación de la signatura de cada píxel con la de los campos de entrenamiento. Para el desarrollo de la clasificación, se utilizó una imagen satelital del sensor *spot 5*; número imagen: 646-342-070301; fecha toma: 01/03/2007; imagen ortorrectificada, resolución: 5 m sinergismo (figura 15).

**Figura 15.** Imagen *spot* del área de estudio



**Fuente:** adaptado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2007).

Para la clasificación, se construyó un sinergismo que consta de una fusión de la imagen pancromática con la imagen multiespectral de la zona de estudio. Para la delimitación de campos de entrenamiento, se identificaron dieciocho muestras para cada cobertura, garantizando el área y el número de píxeles (tabla 1).

**Tabla 1.** Características espectrales *spot 5*

Dominio espectral	Banda	Longitud de onda (μm)	Aplicación
Verde	1	0,50-0,59	Batimetría en aguas turbias, estimación de sedimentos, vigor de la vegetación.
Rojo	2	0,61-0,68	Clasificación de cultivos, color de los suelos y del follaje de las plantas.
Infrarrojo cercano	3	0,78-0,89	Estudio de la biomasa, tipos de bosques, delimitación agua-suelos.
Infrarrojo medio	4	1,58-1,75	Humedad en vegetación, diferenciación nubes-nieve.
Pancromática	1	0,48-0,71	Catastro, cartografía básica, planificación urbana.

**Fuente:** Posada *et al.* (2012).

## Resultados

Luego de realizar la fotointerpretación en fotografía aérea y la clasificación supervisada, mediante información provista por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), utilizando imágenes satelitales del sensor *spot 5* y la cámara análoga RC30, se obtuvieron los siguientes resultados específicos de los años 1980 y 2007 que evidenciaron cambios sustanciales en las coberturas del área de estudio.

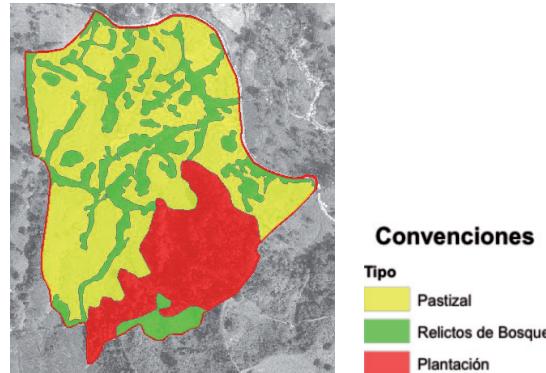
### *Fotointerpretación cobertura 1980 (aerofotografía)*

El 55 % de la zona de estudio correspondió a zonas de pastizal ( $87.061\text{ m}^2$ ); el 23,5 %, a coberturas de relictos de bosque ( $37.224\text{ m}^2$ ), y el 21,5 %, a cobertura de plantación ( $33.950\text{ m}^2$ ) (figura 16).

### *Clasificación coberturas año 2007 (imagen satelital spot 5)*

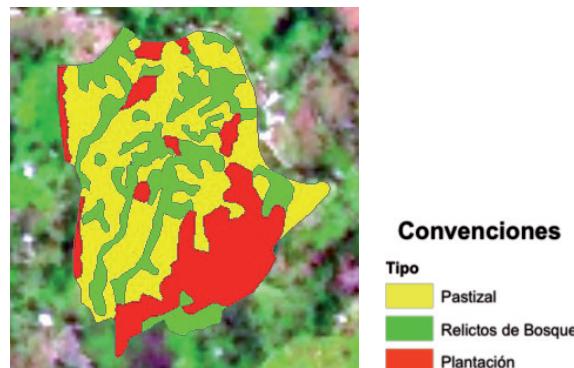
El 45 % de la zona de estudio correspondió a coberturas de pastizal ( $67.173\text{ m}^2$ ); el 28,2 %, a coberturas de relictos de bosque ( $42.020\text{ m}^2$ ), y el 26,8 %, a cobertura de plantación ( $40.005\text{ m}^2$ ) (figura 17).

**Figura 16.** Fotointerpretación cobertura año 1980 (aerofotografía)



Fuente: adaptado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1980).

**Figura 17.** Clasificación supervisada coberturas año 2007 (spot 5)



## Caracterización de los suelos en la finca El Pensil

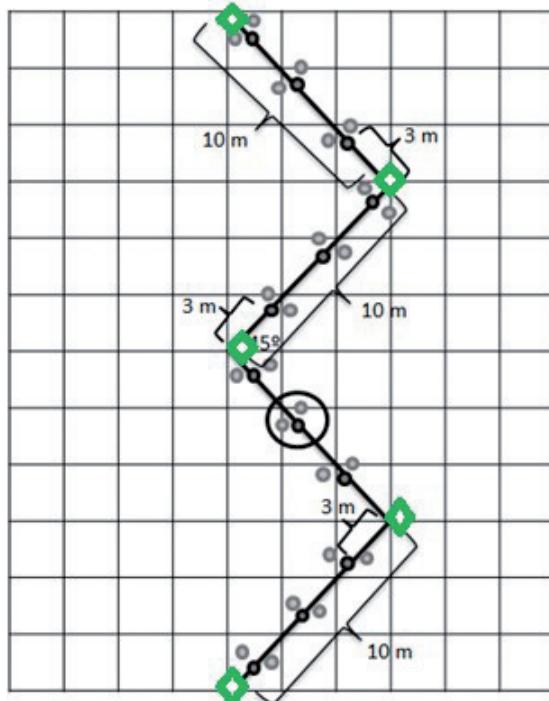
### Método de muestreo

Teniendo en cuenta las coberturas clasificadas, se realizó un análisis de suelos ajustado a partir de la metodología planteada por el IGAC de la siguiente forma:

- Se separaron los suelos con características similares teniendo en cuenta el criterio del tipo de cobertura (relicto de bosque, plantación y pastizal). En otros casos, se pueden tener en cuenta otros criterios, como el grado de la pendiente, el grado de erosión, el manejo previo de los suelos, la presencia de rocas, los cuerpos de agua, etc.

- Para el muestreo de suelos, se tuvieron en cuenta los transectos realizados para el análisis del banco de semillas, de donde se tomó una muestra en cada uno de los vértices de los tres transectos realizados en cada cobertura, para un total de quince muestras (figura 18).

**Figura 18.** Ubicación de los puntos de toma de muestras de suelo en cada transecto



Fuente: Beltrán (2014).

Se realizó un descapote de la cobertura vegetal con el fin de tomar la muestra del suelo desnudo, en un área de 30 x 30 cm, con la ayuda de un palín (figura 19).

**Figura 19.** Descapote de cobertura vegetal



- En cada punto, se abrió un hoyo de aproximadamente 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad y se extrajo cada muestra. Posteriormente, se mezclaron las muestras en un balde para trasladarlas a la zona de homogeneización por cada una de las coberturas. Se pesó aproximadamente 1 kg de muestra por cobertura proveniente de la muestra debidamente homogeneizada y se empacó en bolsas plásticas no utilizadas con anterioridad. Por último, se procedió a identificar la muestra con los datos de fecha de muestreo, ubicación geográfica, tipo de cobertura y coordenadas, teniendo cuidado que el rótulo no quedase en contacto directo con el suelo a analizar, para lo cual se utilizó una doble bolsa (figura 20).
- Los siguientes fueron los análisis realizados para el suelo en cada una de las coberturas, los cuales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos del IGAC: granulometría y clase textural, pH, acidez intercambiable (AI), porcentaje de saturación acidez intercambiable (SAI %), materia orgánica (carbono orgánico CO %) y nitrógeno total (N. Total %), capacidad de intercambio catiónico (CIC), bases totales (BT) (Ca, Mg, K, Na), elementos menores (Mn, Fe, Zn, Cu, B) y fósforo disponible (Anexos).

**Figura 20.** Toma de muestras de suelo: a) apertura del hoyo, b) mezcla y traslado, c) homogeneización, d) pesaje, e) rotulación, f) empaque



**Fuente:** Beltrán (2014).

## Resultados

Teniendo en cuenta el reporte del Laboratorio de Suelos del IGAC (Anexos), las siguientes son las características de los suelos para cada una de las coberturas de la finca El Pensil, del municipio de San Bernardo:

- El porcentaje de granulometría y la clase textural identificada corresponden a suelos franco-arenosos (FA), por lo menos para las coberturas de relictos de bosque y pastizal. Es de anotar que la muestra entregada para la cobertura de plantación no alcanzó a pesar de seguir con los parámetros en cuanto a cantidad sugeridos por el Laboratorio de Suelos.
- Las tres coberturas evidenciaron valores de pH ácidos, siendo los suelos del relicito de bosque y el pastizal muy fuertemente ácidos (valores de 4,8 y 4,9, respectivamente), frente al pH del suelo de la plantación (4,2), el cual fue considerado como extremadamente ácido.
- La plantación tuvo el mayor registro para la prueba de acidez intercambiable (AI) (8,1 cmol(+)/kg), seguido por el relicito de bosque y el pastizal (2,1 y 2,0 cmol(+)/kg, respectivamente). De la misma forma, para la prueba del porcentaje de saturación de acidez intercambiable (SAI %), se obtuvieron registros del 63,7 % para la plantación, 54,9 % para el relicito de bosque y 30,9 % para el pastizal.
- La apreciación sobre el porcentaje de SAI indica que los suelos en el relicito de bosque (30,9 %) y en el pastizal (54,9 %) son limitantes para cultivos tolerantes, tomando como intervalo óptimo del 30 al 60 %. En el caso de la plantación, el porcentaje de SAI registrado fue de 63,7 %, lo que evidencia que el suelo en estos sitios presenta niveles tóxicos para la mayoría de cultivos, ya que es mayor al 60 %.
- El mayor porcentaje de materia orgánica reflejada en carbono orgánico (CO) se evidenció para la plantación (11,6 %), seguido por el relicito de bosque (6,8 %) y el pastizal (5,9 %). Los anteriores valores indican que de acuerdo con el parámetro de la temperatura en la zona de estudio (clima medio), el porcentaje de CO para las tres coberturas es alto.
- Para el caso de la materia orgánica reflejada en nitrógeno total (N. Total), la cobertura con mayor porcentaje fue igualmente la plantación (0,97 %), pero seguida del pastizal (0,68 %) y, por último, del relicito de bosque (0,63 %). Los anteriores valores indican que de acuerdo con el parámetro de la temperatura

en la zona de estudio (clima medio), el porcentaje de N. Total para las tres coberturas es alto.

- La prueba para medir la capacidad de intercambio catiónico (CIC) indica el valor más alto para la plantación (49,2 cmol(+)/kg), seguido por el relict de bosque (36,7 cmol(+)/kg) y el pastizal (25,3 % cmol (+)/kg). Por lo anterior, se considera que la CIC para las tres coberturas es alta, ya que es mayor a 20 % cmol(+)/kg.
- El porcentaje de saturación de bases (SB %) fue mayor para el relict de bosque (12,8 %), seguido por la plantación (9,4 %) y el pastizal (6,5 %); sin embargo, estos valores son considerados como bajos al tener valores inferiores al 35 %.
- Los elementos menores analizados indican deficiencias para las tres coberturas de manganeso, zinc y cobre; igualmente, se presentan excesos o valores superiores a los recomendados en los contenidos de boro y hierro.
- El contenido de fósforo disponible para las coberturas de relict de bosque (22,3 mg/kg) y plantación (26,1 mg/kg) se encuentra en un nivel medio, teniendo como referencia que el valor ideal es de 15-40 mg/kg. En el caso del pastizal, el contenido de fósforo disponible es bajo (11,5 mg/kg), ya que el valor registrado es menor a 15 mg/kg.

## Análisis de resultados

Los valores fuertemente ácidos encontrados en las tres coberturas nos indican una baja posibilidad de disponibilidad de muchos nutrientes para las plantas, como nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, azufre, molibdeno y potasio, los cuales presentan su máxima solubilidad en el suelo a valores de pH cercanos al rango de neutralidad, en tanto que los elementos menores (hierro, manganeso, cobre, zinc) proyectan su disponibilidad hacia el rango de pH ácido (Jaramillo, 2014). Además, este tipo de suelos es muy importante en Colombia, debido a que más del 85 % del área del país está ocupada por suelos con estas características (Jaramillo *et al.*, 1994).

La acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta, lo suficiente para lixiviar apreciables cantidades de bases intercambiables de los niveles superficiales de los suelos (Buckman y Brady, 1970). Existen factores que favorecen la formación de suelos ácidos, los cuales están presentes de manera permanente en el área de estudio para las tres coberturas, entre ellos se destacan (Jaramillo, 2014):

- Condiciones climáticas en las cuales se presente un exceso permanente de precipitación sobre la evapotranspiración potencial que genere excedentes de agua que en suelos con una condición adecuada de drenaje puede causar altas pérdidas de bases por lixiviación, reduciendo su participación en el complejo de intercambio y favoreciendo la acumulación de hierro y otros cationes de carácter ácido.
- Procesos de alteración de los minerales del suelo, bien sea por meteorización o por pedogénesis, van liberando cationes de sus estructuras que pasan a la solución del suelo. Entre los cationes que se liberan, los básicos son los más solubles y, por lo tanto, los que más fácil se pierden por lixiviación, y se acumulan los de carácter ácido.
- Algunos materiales parentales en su composición mineralógica no poseen materia prima para que el suelo que se desarrolle de ellos tenga un adecuado contenido de bases, como es el caso de algunas areniscas.
- El consumo de bases por parte de las plantas también ayuda a desbalancear el equilibrio entre cationes básicos y ácidos, lo que favorece la acumulación de los ácidos.
- Prácticas de manejo de suelos como fertilización continua e intensiva con ciertos fertilizantes de efecto residual ácido favorecen la acidificación del suelo.
- El drenaje excesivo de los suelos también puede contribuir a su acidificación, al incrementarse la lixiviación de las bases.

De acuerdo con el nivel de pH encontrado, en estos suelos la posibilidad de que se presente toxicidad, principalmente por aluminio, es alta. Para estimar la posibilidad de toxicidad con aluminio, se debe establecer el valor de la saturación que se presenta en el suelo con este catión, para lo que se hacen necesarias acciones de neutralización, que en la mayoría de los casos se realizan agregando cal al suelo.

El propósito fundamental del encalamiento es neutralizar la acidez intercambiable, que en el caso de nuestros resultados registra niveles que generan tensión y, en el caso de la plantación, toxicidad. El análisis de la acidez intercambiable es el más importante en suelos que tienen un  $\text{pH} < 5.5$ , ya que a partir de este valor, empieza a aumentar la solubilidad del aluminio en forma exponencial (Jaramillo, 2014). Igualmente, en valores de pH por debajo del 5, el aluminio, el hierro y el manganeso son solubles casi siempre en cantidad suficiente para ser tóxicos al desarrollo de algunas plantas (Buckman y Brady, 1970).

El contenido de materia orgánica del suelo es un buen indicador de la fertilidad del suelo, principalmente por su capacidad potencial para proporcionar nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos. Además, tal contenido indica la capacidad relativa del suelo para retener nutrientes contra pérdidas por lixiviación, la estabilidad de su estructura y la susceptibilidad a la erosión. El contenido de materia orgánica en el suelo indica la disponibilidad de nitrógeno aprovechable, además de ser un factor determinante en la formación de la estructura del suelo, la cual influye en la facilidad de penetración radicular, resistencia a la compactación, infiltración y retención de agua (Buckman y Brady, 1970; Rodríguez y Rodríguez, 2011).

El suelo de las tres coberturas analizadas arroja resultados altos para la prueba de capacidad de intercambio catiónico, lo que demuestra la gran cantidad de sitios disponibles para almacenar cationes en el suelo. En este sentido, los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos al suelo, como la lixiviación, lo que evita que se pierdan nutrientes para las plantas. Además, como la retención se hace superficialmente obedeciendo a diferencias de carga electrostática, los cationes adsorbidos pueden ser intercambiados por otros de la solución del suelo, convirtiéndose en cationes intercambiables, necesarios en los procesos de nutrición de las plantas (Jaramillo, 2014).

En cuanto al porcentaje de saturación de bases que encontramos en los diferentes sitios muestreados, es importante destacar la relación existente con los valores de pH encontrados. Cuando se ha reducido la saturación alcalina debido a la pérdida por drenaje de cal y otros constituyentes metálicos, el pH también baja. Lo anterior significa que con una baja saturación de bases, se pierde la posibilidad de que los nutrientes liberados por el cambio catiónico se incorporen a la solución del suelo y, al mismo tiempo, se pongan en contacto con las superficies adsorbentes de las raíces y organismos del suelo, o sean arrastrados por el agua a su interior (Buckman y Brady, 1970).

Los elementos menores pueden limitar el crecimiento de muchas plantas en suelos ácidos arenosos fuertemente lavados y suelos que han sido cultivados muy intensamente y fertilizados solo con macronutrientes (Buckman y Brady, 1970), como en el caso de los terrenos analizados.

Para el caso de los elementos menores o micronutrientes hallados en las tres coberturas, podemos detectar la importancia del déficit del manganeso y el zinc. El manganeso es esencial en varias transformaciones del nitrógeno, los procesos de oxidación y reducción y el sistema de transporte de los electrones fotosintéticos. Su deficiencia produce una reducción en el crecimiento de las dicotiledóneas, lo cual

causa clorosis intervenal de las hojas jóvenes. El zinc, por su parte, está involucrado en las mismas funciones que el manganeso y está también relacionado con la formación de determinadas hormonas de crecimiento y en el proceso de reproducción de ciertas plantas, y su deficiencia afecta el crecimiento de hojas y su caída (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

Igualmente, el cobre contribuye al proceso de respiración y en la asimilación del hierro (Buckman y Brady, 1970). Este elemento es esencial, ya que constituye parte de la proteína de los cloroplastos (plastocianina) y también sirve como parte del sistema de transporte de electrones ligados a los fotosistemas I y II. De la misma forma, participa en el metabolismo de proteínas y carbohidratos y en la fijación de nitrógeno ( $N_2$ ), entre otras funciones importantes para el crecimiento de las plantas. Los síntomas específicos por su deficiencia son un crecimiento reducido con hojas jóvenes distorsionadas y necrosis del meristemo apical. En árboles, la deficiencia de cobre puede causar puntas blancas, blanqueado de hojas jóvenes y caída en épocas secas (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

Los contenidos de boro en los suelos presentan excesos en las zonas analizadas, lo anterior se puede explicar debido a que este elemento es más soluble bajo condiciones ácidas, en la forma de ácido bórico ( $BO_3H_3$ ) que es aprovechable por las plantas (Buckman y Brady, 1970). Para el caso de hierro, es importante destacar su importancia en la composición de muchos sistemas enzimáticos de las plantas, como la citocromo oxidasa (transporte de electrones) y el citocromo (paso terminal de la respiración). Entre otras funciones y cualidades, el hierro es un componente de la ferredoxina y es requerido para la reducción del  $NO_3^-$  y  $SO_4^{2-}$ , la asimilación de  $N_2$  y la producción de energía (NADP); es catalizador en el sistema enzimático asociado con la formación de clorofila y también está involucrado en la síntesis de proteínas y en el crecimiento meristemático de la raíz. Dentro de los síntomas por exceso, podemos mencionar que el hierro puede acumularse en varios cientos de partes por millón (PPM) sin causar síntomas de toxicidad. La toxicidad produce un bronceado en las hojas con manchas color café delgadas (Rodríguez y Rodríguez, 2011).

En general, los suelos de tipo orgánico presentan reacción ácida, y normalmente más ácida que la de los suelos minerales, generada por los ácidos orgánicos que se acumulan, sobre todo cuando la materia orgánica está poco descompuesta (Jaramillo, 2014). En estudios realizados con este tipo de suelos, se encontró que aquellos que tenían alta CIC, alta acidez y contenidos bajos a medios de bases y de fósforo eran poco fértiles (López y Cortés, 1978).

Otras prácticas de manejo de los suelos ácidos consisten en cambiar el sentido tradicional del manejo de la fertilidad del suelo. En lugar de llevar a cabo una serie de acciones tendientes a adecuar el suelo a los requerimientos de determinada planta, se pueden buscar plantas que se adapten a las condiciones que tiene el suelo. En términos generales, las leguminosas son más tolerantes que las gramíneas a la acidez y bajo suministro de fósforo, en tanto que las gramíneas son más tolerantes a excesos de manganeso que las leguminosas (Sánchez y Salinas, 1983; Jaramillo, 2014).

## Conclusiones

Características en el suelo como el pH se constituyen en factores limitantes para el establecimiento de plantas y el mantenimiento de ciertos elementos que puedan contribuir a su desarrollo.

El registro de toxicidad en algunas de las pruebas realizadas, como la saturación de acidez intercambiable (SAI) y los contenidos de hierro y boro, implica estrategias de manejo en los suelos mediante la aplicación de diferentes tipos de enmiendas o planes de manejo futuros.

Al ser una zona de alta precipitación, los lixiviados se constituyen en una forma para la pérdida de diferentes tipos de nutrientes del suelo, lo que merece un monitoreo permanente de estos en el momento de la implementación de procesos de restauración ecológica.

En lugar de llevar a cabo una serie de acciones tendientes a adecuar el suelo a los requerimientos de determinada planta, se pueden buscar plantas que se adapten a las condiciones que tiene el suelo.

## Referencias

- Alcaldía Municipal de San Bernardo. (2000). *Esquema de ordenamiento territorial. Memoria justificativa, estudios técnicos*. Cundinamarca: Concejo Municipal, Oficina de Planeación-Umata.
- Alcaldía Municipal de San Bernardo. (2010). *Plan de contingencia para fenómenos de remoción en masa en temporada de lluvias en el municipio de San Bernardo, Cundinamarca*. Cundinamarca: Concejo Municipal, Oficina de Planeación-Umata.
- Andrade-C., M. G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 35(137), 491-507.
- Armenteras, D. y Rodríguez, N. (Eds.). (2007). *Monitoreo de los ecosistemas andinos 1985-2005: síntesis y perspectivas*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Armenteras, D., Gast, F. y Villarreal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the Eastern Andes, Colombia. *Revista Biological Conservation*, 113, 245-256.
- Ávila, F., Ángel, S. y López, R. (2010). Diversidad y estructura de un robledal de la reserva biológica Cachalú, Encino (Santander-Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13(1), 87-116.
- Barrera, E. (1996). Pteridofitas epífitas de la franja subandina del departamento de Cundinamarca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 20(76), 47-55.
- Bierregaard, J. y Stouffer, P. (1997). Understory birds and dynamic habitat mosaics in Amazonian rainforests. In W. F. Laurance y R. O. Bierregaard (Eds.), *Tropical forest remnants: Ecology, management, and conservation of fragmented communities* (pp. 138-155). Chicago: University of Chicago Press.
- Buckman, H. y Brady, N. (1970). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Barcelona: Montaner & Simón S.A.
- Cárdenas, G., Posada, C. y Vargas, O. (2002). Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de paramo húmedo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). *Revista Ecotrópicos*, 15(1), 51-60.
- Carrillo, R. (Comp). (2013). *Informe de gestión institucional 2012*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Chaves, M. E. y Arango, N. (Eds.) (1998). *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos

- Alexander von Humboldt, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Ministerio de Medio Ambiente.
- Cortés, S. (2003). Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la Serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). Universidad Nacional de Colombia. *Revista Caldasia*, 25(1), 119-137.
- Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 10(40), 221-264.
- Dávila, F. J. y Camacho, E. (2012). Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de archivos y cartotecas “propuesta metodológica”. *Revista Catalana de Geografía*, XVII(46), 2-9.
- De Porta, J. (1966). Geología del extremo sur del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí. *Bol. Geol.*, (22-23), 1-347.
- Espinal, S. (1977). *Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Fandiño, M. C. y Ferreira, P. (Eds.). (1998). *Colombia biodiversidad siglo XXI: propuesta técnica para la formulación de un plan de acción nacional en biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente y Departamento Nacional de Planeación.
- Gutiérrez, H. (1991). *Clasificaciones climáticas*. Bogotá: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (Himat). Recuperado de <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/016592/clasificacion-clima.pdf>
- Hernández, M., Rosales, N. y Cortés, S. (2011). Riqueza y diversidad florística de un bosque de niebla subandino en la Reserva Forestal Laguna de Pedro Palo (Tena-Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(1), 32-47.
- Jaramillo, D. (2014). *El suelo: origen, propiedades, espacialidad*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Jaramillo, D., Parra, L. y González, L. (1994). *El recurso suelo en Colombia: distribución y evaluación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- López, A. y Cortés, A. (1978). *Los suelos orgánicos de Colombia: su origen, constitución y clasificación*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
- Murcia, C., Kattán, G. y Andrade, G. (2013). Conserving biodiversity in a complex biological and social setting: The case of Colombia conservation biology. In S.

- Navjot, L. Sodhi, L. Gibson y P. Raven (Eds.), *Voices from the tropics*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Pickett, A. y White, P. S. (1985). *Natural disturbance and patch dynamics*. En A. Pickett y P. S. (Eds.), *The ecology of natural disturbance and patch dynamics* (pp. 3-13). New York: Academic Press.
- Posada, C. y Cárdenas, C. (1999). *Ecología de los bancos de semillas en una comunidad vegetal de páramo sometida a disturbios por quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza)* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Biología, Bogotá.
- Posada, E., Ramírez, H. y Espejo, N. (2012). *Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Rangel, J. O., Lowy, P. D. y Aguilar, M. (1997). *Colombia-diversidad biótica II. Tipos de vegetación en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y Ministerio del Medio Ambiente.
- Reina, M., Medina, R., Ávila, F., Ángel, S. y Cortés, R. (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la reserva biológica Cachalú, Santander (Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13(1), 27-54.
- Rodríguez, H. y Rodríguez, J. (2011). *Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación*. México D. F: Trillas.
- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M. y Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos* (2<sup>a</sup> ed.). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rudas, G., Marceló, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, L. y Sarmiento, A. (2007). *Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Sánchez, P. y Salinas, J. (1983). *Suelos ácidos: estrategias de manejo con bajos insumos en América tropical*. Bogotá: sccs.
- Sarmiento, A., Rudas, G., Marceló, J. D. y Delgado, L. (2006). *Ecosistemas en los Andes colombianos: conservación y degradación del bosque natural subandino*. Bogotá: Programa Nacional de Desarrollo Humano-Departamento Nacional de Planeación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Convenio de Cooperación Técnica IAVH 05-008CE-PNUD SUBCOlo1350001.

- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O., Premauer, J. y Cárdenas, C. A. (2002). Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Revista Ecotrópicos*, 15(1), 35-50.
- Wilson, E. O. (1988). The current status of biological diversity. In E. O. Wilson (Ed.), *Biodiversity*. Washington: National Academic Press.

## **Anexos. Resultado análisis químico del suelo**

Nº Laboratorio	10004 A 1-00006	Condición de la muestra	Apropida <input checked="" type="checkbox"/>	Deficiente <input type="checkbox"/>
Explicación				
Fecha de recepción de la muestra		Fecha de ejecución de los análisis		
2014-08-01		2014-08-29		
Método	Condiciones específicas ó ambientales del método (Cuando aplica)	Incertidumbre estimada (Si aplica)	Límite de detección (Si aplica)	Límite de cuantificación (Si aplica)
pH: método potenciométrico, en agua ó en NaF	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	0,5	N.A.	N.A.
CARBÓN ORGÁNICO. Suelos: Walkley Black (% p/v) ó	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	0,0056	0,001	0,004856
ACIDEZ INTERCAMBIABLE (A.I.): Extracción con KCl 1N y CIC (capacidad intercambio catiónico) y BASES	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	0,13 cmol+/Kg	0,21 cmol+/Kg	0,23 cmol+/Kg
FÓSFORO: Bray II	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	1,42 mg P/Kg suelo	0,11 mg P/Kg suelo	0,37 mg P/Kg suelo
TEXTURA DEL SUELO: Bouyoucos	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	UK +/- 1,3% Ar	N.A.	N.A.
ELEMENTOS MENORES Manganese (Mn), hierro (Fe),	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.
NITROGENO TOTAL: Kjeldahl y titulación potenciométrica ó	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.
BORO DISPONIBLE: Extracción con agua caliente-cuantificación	Temperatura: 10-40 °C y Humedad relativa no superior al 85%.	N.A.	N.A.	N.A.
Conversion de unidades (Cuando se requiera)	Cualquier inquietud puede comunicarse con			
OBSERVACIONES				
<p>La información reportada es específica para las muestras analizadas. El presente informe tiene validez solo si posee la firma del personal autorizado por el Laboratorio Nacional de Suelos.</p>				

 <b>IGAC</b>	<b>RECOMENDACIÓN DE FERTILIZANTES Y ENMIENDAS</b>				FECHA AAAA/MM/DD <b>2014-08-28</b>		
	GRUPO INTERNO DE TRABAJO LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS						
NOMBRE / APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN DIRECCIÓN DEL CLIENTE		UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS CUNDINAMARCA SAN BERNARDO / VEREDA PIRINEOS BAJOS		No. SOLICITUD <b>2.1</b>			
SUPLEMENTO DE RESULTADOS <input type="checkbox"/> DE FECHA <b>N.A.</b>		IDENTIFICACIÓN DE CAMPO		CULTIVO	ENMIENDA	DOSIS	FORMA Y TIEMPO DE APLICACIÓN
No. DE LABORATORIO	1-00004	RELITO DE BOSQUE	FORESTAL	CAL DOLOMITA		250 GRAMOS/PLANTA	AT, o, AF
				10-20-20		200 GRAMOS/PLANTA	MT, o, AMO
				SULFATO DE MANGANESE**		15 GRAMOS/PLANTA	MT, o, AMO
				SULFATO DE ZINC**		2,5 GRAMOS/PLANTA	MT, o, AMO
				SULFATO DE COBRE**		15 GRAMOS/PLANTA	MT, o, AMO
				BORAX**		25 GRAMOS/PLANTA	MT, o, AMO
				UREA		100 GRAMOS/PLANTA	DT, o, DT*
NOTA 1							
<b>SIGNIFICADO SIGLAS FORMAS Y TIEMPO DE APLICACIÓN Y OBSERVACIONES</b>							
AT: Antes del trasplante al momento de abrir los hoyos, aplique la enmienda mezclada con suelo en el fondo del hueco. Lo debe hacer al inicio del período de lluvias, o con riego si cuenta con este.							
AF: Vienen o treinta días antes de aplicar el fertilizante, en la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del árbol y el tronco escarificado (plateo) el suelo en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado y ponga la enmienda y cubrala con los residuos de la escarificación. Lo debe hacer al inicio del período de lluvias o con riego si cuenta con este.							
MT: Al momento del trasplante se recomienda llenar los hoyos hasta la mitad con una mezcla de suelo y abono orgánico (compost o gallinaza), trasplante el árbol y acabe de llenar los hoyos con una mezcla de suelo y los fertilizantes recomendados.							
AMO: En la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del árbol y el tronco, escarifique (plateo) el suelo alrededor del árbol en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado y aplique el fertilizante mezclado con unos 200 gramos de materia orgánica (compost o gallinaza) y cubralo con los residuos de la escarificación.							
DT: 4 ó 5 meses después del trasplante, escarifique (plateo) el suelo alrededor del árbol, a 30 ó 50 cms del tronco, en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado y aplique el fertilizante y lápelo con el suelo de la escarificación.							
DT*: Un mes después de aplicar el fertilizante en la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del árbol y el tronco escarificado (plateo) el suelo alrededor del árbol en corona (parte superior) si el terreno es inclinado y aplique la urea y cubrala con los residuos de la escarificación.							
NOTA 1: Consulte con el Ingeniero Forestal.							
** APLICAR MEZCLADO CON EL FERTILIZANTE. ADQUIRIR PRODUCTOS GRANULADOS SOLOS O MEZCLADOS DE ACUERDO CON LA PRESENTACIÓN DE LAS EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE FERTILIZANTES DEL P.N.S.							
N.A. = NO APLICA; N.E. = NO ESPECIFICA							
NOTA: La información reportada es específica para las muestras analizadas. El presente informe tiene validez solo si posee la firma del personal autorizado por el Laboratorio Nacional de Suelos. Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita al análisis de la(s) muestra(s) entregadas por el cliente.							
Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 48-81, Telefax 3894916 o 3894900 Ext. 4016, mail: <a href="mailto:laboratorios@igac.gov.co">laboratorios@igac.gov.co</a>							
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.							
APROBADO POR COORDINADOR DEL GIT:							
<b>JORGE ALBERTO SANCHEZ ESPINOSA</b>							
Nombre _____ Firma _____							
F40601-05/12/V8							
PLANEACIÓN - DESARROLLO ORGANIZACIONAL							

<b>RECOMENDACIÓN DE FERTILIZANTES Y ENMIENDAS</b> GRUPO INTERNO DE TRABAJO LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS				FECHA AAAA-MM-DD <b>2014-08-28</b>		
<b>UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS</b> <b>CUNDINAMARCA/ SAN BERNARDO / VEREDA PIRINEOS BAJOS</b>				No. SOLICITUD <b>2.1</b>		
<b>DIRECCIÓN DEL CLIENTE</b>  <b>N.E</b>						
<b>SUPLEMENTO DE RESULTADOS</b> <input type="checkbox"/> DE FECHA <b>N.A</b>						
No. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CULTIVO	ENMIENDA	FERTILIZANTE	DOSIS	FORMA Y TIEMPO DE APLICACIÓN
1-00005	PASTIZAL	FORESTAL	CAL DOLOMITA		250 GRAMOS/PLANTA	AT.o,AF
				10-20-20	200 GRAMOS/PLANTA	MT.o,AMO
				SULFATO DE MANGANESE**	15 GRAMOS/PLANTA	MT.o,AMO
				SULFATO DE ZINC**	10 GRAMOS/PLANTA	MT.o,AMO
				SULFATO DE COBRE**	20 GRAMOS/PLANTA	MT.o,AMO
				BORAX**	25 GRAMOS/PLANTA	MT.o,AMO
				UREA	100 GRAMOS/PLANTA	DT.o,DT*
NOTA 1						
<b>SIGNIFICADO SIGLAS, FORMAS Y TIEMPO DE APLICACIÓN Y OBSERVACIONES</b>						
AT: Antes del trasplante al momento de abrir los hoyos, aplique la enmienda mezclada con suelo en el fondo del hueco. Lo debe hacer al inicio del periodo de lluvias, o con riego si cuenta con este.						
AF: Venite a treinta días antes de aplicar el fertilizante, en la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del árbol y el tronco escarificado (plateo) el suelo en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado o ponga la enmienda y cubra con los residuos de la escarificación. Lo debe hacer al inicio del periodo de lluvias o con riego si cuenta con este.						
MT: Al momento del trasplante se recomienda llenar los hoyos hasta la mitad con una mezcla de suelo y abono orgánico (compost o gallinaza); trasplante el árbol y vacé de llenar los hoyos con una mezcla de suelo y los fertilizantes recomendados.						
AMO: En la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del árbol y el tronco, escarifique (plateo) el suelo alrededor del árbol en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado y aplique el fertilizante mezclado con unos 200 gramos de materia orgánica (compost o gallinaza) y cubra con los residuos de la escarificación.						
DT: 4 ó 5 meses después del trasplante, escarifique (plateo) el suelo alrededor del árbol, a 30 ó 50 cms del tronco, en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado y aplique el fertilizante y tapo con el suelo de la escarificación.						
DT*: Un mes después de aplicar el fertilizante, en la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del árbol y el tronco escarificado (plateo) el suelo alrededor del árbol en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado y aplique la urea y cubra con los residuos de la escarificación.						
NOTA 1: Consulte con el Ingeniero Forestal.						
**APLICAR MEZCLADO CON EL FERTILIZANTE. ADQUIRIR PRODUCTOS GRANULADOS SOLOS O MEZCLADOS DE ACUERDO CON LA PRESENTACIÓN DE LAS EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE FERTILIZANTES DEL PAÍS.						
N.A. = NO APLICA; N.E. = NO ESPECIFICA						
NOTA: La información reportada es específica para las muestras analizadas. El presente informe tiene validez solo si posee la firma del personal autorizado por el Laboratorio Nacional de Suelos. Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. La información emitida por el Laboratorio Nacional de Suelos, se limita a análisis de la(s) muestra(s) entregadas por el cliente.						
Favor comunicar sus sugerencias, observaciones o reclamos al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 48-51, Teléfono 3894000 Ext. 4016, mail: laboratorio@igac.gov.co						
Prohibida la reproducción, parcial o total, sin autorización escrita del Laboratorio.						
APROBADO POR COORDINADOR DEL G.R. _____						
JORGE ALBERTO SÁNCHEZ ESPINOSA _____						
Firma _____						
PLANEACIÓN - DESARROLLO ORGANIZACIONAL						
Firma _____						
Nombre _____						
F40801-05/12/78						

 <b>GAC</b>		<b>RECOMENDACIÓN DE FERTILIZANTES Y ENMIENDAS</b> GRUPO INTERNO DE TRABAJO LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS				
		<b>UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS</b> <b>CUNDINAMARCA/SAN BERNARDO /VEREDA PIRINEOS BAJOS</b>				
		No. SOLICITUD <u>2.1</u> FECHA <u>2014-08-28</u> AAA-MM-DD				
NOMBRE Y APELLIDO / EMPRESA / PROYECTO DEPARTAMENTO / MUNICIPIO / LOCALIZACIÓN DIRECCIÓN DEL CLIENTE		SUPLEMENTO DE RESULTADOS <input type="checkbox"/> DE FECHA <u>N.A</u>				
No. DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	CULTIVO	ENMIENDA	FERTILIZANTE	DOSIS	FORMATO Y TIEMPO DE APLICACIÓN
1-00006	PLANTACION	FORESTAL	CAL DOLOMITA	10-20-20	250 GRAMOS/PLANTA	AT.0,AF
				SULFATO DE MANGANEZO**	200 GRAMOS/PLANTA	MIT.0,AMO
				SULFATO DE ZINC**	15 GRAMOS/PLANTA	MIT.0,AMO
				SULFATO DE COBRE**	10 GRAMOS/PLANTA	MIT.0,AMO
				UREA	25 GRAMOS/PLANTA	MIT.0,AMO
					100 GRAMOS/PLANTA	DT.0,DT*
						NOTA 1

SIGNIFICADO SIGLAS FORMAS Y TIEMPO DE APLICACIÓN Y OBSERVACIONES

AT: Antes del trasplante al momento de abrir los hoyos, aplique la enmienda mezclada con suelo en el fondo del hueco. Lo debe hacer al inicio del periodo de lluvias, o con riesgo si cuenta con ese efecto. El efecto de la enmienda es tridimensional, la enmienda en la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del abrill y el tronco escasifica el suelo y suelto la corteza de la encina y de la encarnación. Se debe hacer al inicio del periodo de lluvias o con riesgo si cuenta con ese efecto.

En la parte media de la distancia que hay entre la zona de goteo del árbol y el tronco (o galinero) y cubriendo el suelo alrededor del árbol con los residuos de la escarchificación.

DT: 4.6 - 5.0 meses después del trasplante, escarificar (platear) el suelo alrededor del árbol, a 30 o 50 cms del tronco, en corona o media corona (parte superior) si el terreno es inclinado y aplique el fertilizante y apile con el suelo de escarificación.

“DTR”- Un mes después de aplicar la fertilizante en la parte media de la claridad que hay entre la zona de goteo del arbol y el tronco escamante (platoco) el estadio alterado del arbol se corona o media corona (parecidos a la tercera o cuarta escama) y con los residuos de la escamamiento.

NUDA 1: Consulte con el ingeniero de fábrica.

APLICAR MEZCLADO CON EL FERILIZANTE, ADQUIRIR PRODUCTOS GRANULADOS U MIEZCLADOS DE ACUERDO CON LA PRESENTACION DE LAS EMPRESAS

COMERCIALIZADORAS DE FERTILIZANTES DEL PAÍS.

THE JOURNAL OF CLIMATE

N.A. = NO APPLICA; N.E. = NO ESPECIFICA

**NOTA:** La información contenida en este documento no ha sido analizada ni revisada por el abogado/a Nacional autorizado/a ni por el abogado/a Nacional autorizado/a ni por el abogado/a Nacional autorizado/a.

UAI: La información reportada es específica para las muestras analizadas. El presente informe tiene validez solo si se posee la lista del personal autorizado para el laboratorio.

Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. La información emitida por el Laboratorio

Además, se limita al análisis de la(s) muestra(s) entregadas por el cliente.

avalar comunicar su sugerencia, observación o reclamo al Laboratorio Nacional de Suelos Cra 30 N° 48-51, Telefax 3694016 ó 3694000 Ext. 4016, mail: [laboratorio@igac.gov.co](mailto:laboratorio@igac.gov.co)

Prohibida la reproducción parcial sin autorización escrita del Laboratorio.

卷之三

APROBADO POR COORDINADOR DEL GFI:

JORGE ALBERTO SÁNCHEZ ESPINOSA

Nombre \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

ANEXACIÓN DESARROLLO ORGANIZACIONAL

LANEACIÓN - DESARROLLO ORGANIZACIONAL

61

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI SUBDIRECCIÓN DE AGROCOLONIA - LABORATORIO NACIONAL PARA INTERPRETAR ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS																	
IGAC	pH (H <sub>2</sub> O)	P	K	C.O (%)		N.Total (%)		CIC	SATURACIÓN DE BASES (SB)								
				FRÍO	MEDIO	CLIMA	FRÍO										
EXTREMADAMENTE ÁCIDO 4.5 - 5.0	BAJO 1:1	<15	<0.2	<2.5	<1.2	<0.25	<0.15	<10	<35								
	MEDIO 5.1 - 5.5	15 - 40	0.2 - 0.4	2.5 - 8.1	1.2 - 2.3	0.26 - 0.56	0.16 - 0.30	0.10 - 0.20	35 - 50								
	ALTO 5.6 - 6.0	>40	>0.4	>8.1	>2.3	>0.56	>0.30	>0.20	>50								
MUY PUERAMENTE ÁCIDO 6.1 - 6.5																	
FUERTEMENTE ÁCIDO 6.6 - 7.0	APRECIACIÓN	CatKg	Mg/K	Ca/K	(Ca+Mg)/K	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON SALES Y SODIO		POBLACIÓN ALF. SATURACIÓN ÁCIDO INTERCAMBIAL (S.A.I.)									
	RELACIÓN IDEAL	2 - 4	3	6	10	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA dS m <sup>-1</sup>	PORCENTAJE SATURACIÓN SÓDIO INTERCAMBIAL (P.S)	CLASE	APRECIACIÓN								
MEDIANAMENTE ÁCIDO 7.1 - 7.5	K DEFICIENTE	>16	>10	>10	>10	0 - 2	2 - 4	INFERIOR	<15								
	Mg DEFICIENTE	>10	<1			4 - 6	6 - 16	A	15 A 30								
LIGERAMENTE ÁCIDO 7.6 - 7.8	CONTENIDO OPTIMO	Zn	Cu	Mn	Fe	>16	15%	S3	S2								
	SUELLO	1 - 6	1.5 - 3	15 - 30	20 - 30	4 - 6	15%	S1	S1								
MEDIANAMENTE ALCALINO 7.9 - 8.4	PLANTA	38 - 100	5 - 25	30 - 200	60 - 300	>16	15%	Nu-S2	Nu-S1								
	PLANTAS EN SEGURO VEGETAL	30-80 mg Kg <sup>-1</sup>						Nu-S3	Nu-S2								
FUERTEMENTE ALCALINO 8.5 - 9.0	FUERTEMENTE ALCALINO 9.1 - 9.5								30 A 60								
	FUERTEMENTE ALCALINO 9.6 - 10.0								60								
EXTREMADAMENTE ALCALINO 10.1 - 10.5																	
ÁREA DE QUÍMICA																	

WCritical Critical: 25 mg Kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>; 20 mg Kg<sup>-1</sup> NH<sub>4</sub>; 20 mg Kg<sup>-1</sup> disponible (fondo de calcio)

CONCENTRACIÓN NORMAL EN TIEMPO VERDE/F.N. (Manual de Reference Mínima para Plantas Analisis, 1980):

N (N): 2.4-4.5; P (P): 0.20-0.475; K (K): 1.5-3.5; Ca (Ca): 1.0-4.0; Mg (Mg): 0.25-1.5; S (S): 0.25-1.0

B (B) (mg Kg<sup>-1</sup>): 0-30; Cu (mg Kg<sup>-1</sup>): 5-30; Fe (mg Kg<sup>-1</sup>): 100-300; Mn (mg Kg<sup>-1</sup>): 0.15-0.30; Cl (mg Kg<sup>-1</sup>): 150-300

# **Capítulo 2. Caracterización de la vegetación vascular en áreas disturbadas de bosque subandino**

ANDRÉS RICARDO RODRÍGUEZ LOMBANA

HÉCTOR EDWIN BELTRÁN-GUTIÉRREZ

ANA CAROLINA MORENO CÁRDENAS

## **Introducción**

La vegetación es el componente biótico más notable y permanente con el que pueden caracterizarse los ecosistemas terrestres y muchos de los acuáticos. Sus características y composición son reflejo de los procesos subyacentes, tanto naturales como culturales, así como de la mezcla de los factores físicos y biogeográficos que permiten la dispersión y colonización de las especies. Igualmente, también puede describir la dinámica interna de renovación continua (muerte de individuos y sustitución por otros) y de regeneración después de disturbios (caída de árboles por el viento y quemas), procesos de corto plazo (pocos hasta decenas centenares de años, que forman parte de la dinámica interna de los grandes ecosistemas) (Fernández, 1999; Barrera *et al.*, 2010).

En los ecosistemas, las plantas desempeñan un papel importante para su funcionamiento, en aspectos como: 1) sirve de hábitat y alimento para la fauna herbívora; 2) contribuye en la formación del suelo a través del aporte de materia orgánica; 3) contribuye a la regulación del ciclo hidrológico mediante el proceso de la evapotranspiración y amortiguamiento de la velocidad de caída de la lluvia al suelo; 4) contribuye en la regulación del ciclo de la materia debido al almacenamiento en pie de muchos elementos (carbono, oxígeno, fósforo, potasio, nitrógeno, hierro,

magnesio, manganeso, calcio, sodio, entre otros); 5) ayuda al control de la erosión; 6) aporta a la transformación de la energía lumínica en energía química, transformación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en carbohidratos, y la producción de oxígeno a través del proceso de la fotosíntesis, y 7) contribuye en la regulación del clima debido a que amortigua la entrada de luz al suelo (Barrera *et al.*, 2010).

El conocimiento de la vegetación, por tanto, es indispensable para definir, delimitar y cartografiar los paisajes; este es el subsistema más reconocible y de mayor facilidad de estudio, y es, además, de interés fundamental para conocer los ecosistemas de una región, determinar el grado de conservación y definir las acciones que se deben ejercer sobre el territorio (Páramo, 2003).

Los estudios de la vegetación son unos de los principales soportes para la planificación, el manejo y la conservación de los ecosistemas tropicales. En este sentido, la información proveniente de una caracterización o inventario florístico planificado debe suministrar información en tres niveles: 1) riqueza específica (diversidad alfa); 2) recambio de especies (diversidad beta), y 3) datos de la estructura que permitan determinar el estado de conservación de las áreas estudiadas. De la misma forma, es importante complementar los estudios de vegetación con una clasificación de las especies dentro de un espectro de formas de vida y biologías, ya que provee componentes estructurales de los conjuntos de vegetación y da respuestas a nivel de la relación planta-ambiente (Villarreal *et al.*, 2004).

En proyectos de restauración ecológica, la caracterización de la vegetación es una actividad de importancia, ya que permite conocer el estado de los ecosistemas disturbados o de referencia. En este sentido, hacen posible tener un acercamiento al grado de alteración de los sistemas disturbados; estos contribuyen en la definición de los objetivos mismos de la restauración y permiten identificar indicadores que posibiliten definir el éxito o fracaso de los proyectos para así poder implementar diferentes estrategias que contribuyan con su sostenibilidad (Barrera *et al.*, 2010).

La caracterización está constituida por una serie de muestreos de los componentes de los sistemas que permiten realizar una correcta lectura y análisis de su estado actual y de los factores que favorecen o no su restablecimiento. Es importante tener en cuenta que no corresponde simplemente a la descripción de las condiciones actuales de la zona, a manera de listados independientes. Al contrario, se debe tener en cuenta el tipo fisionómico de la vegetación; si es un bosque, definirlo con al menos una especie exclusiva o característica dominante del estrato arbóreo; si es un matorral alto, con una del estrato arbustivo. En comunidades herbáceas y en prados, las especies dominantes deben aparecer como típicas de la comunidad detallada (Barrera *et al.*, 2010; Rangel y Velásquez, 1997).

La caracterización de la vegetación con base en sus especies se puede abordar según la fisionomía o la composición florística. En el primer caso, los esfuerzos se dirigen a diferenciar las especies que presentan los valores mayores en parámetros ecológicos (abundancia, densidad, presencia), mientras que en el segundo, se trata de establecer conjuntos de especies que denotan maneras de asociarse en patrones o comunidades. Aunque las especies dominantes son de importancia capital, las especies subordinadas, pero con valores altos de fidelidad juegan un papel importante en la definición de los conjuntos o comunidades (Rangel y Velásquez, 1997).

## Métodos

### Diseño de muestreo para la caracterización de la vegetación

Para el estudio, se realizó un muestreo preferencial, que consistió en la selección de parcelas homogéneas de acuerdo con el tipo de cobertura (relicto de bosque, plantación y pastizal), a partir de criterios subjetivos del investigador (Matteucci y Colma, 1982). Para la cobertura de relicto de bosque, se consideraron áreas continuas de vegetación asociadas a cuerpos de agua que podrían tener remanentes de vegetación nativa; para la cobertura de plantación, se definieron aquellos sitios con siembras históricas de la especie *Eucalyptus globulus*, los cuales han sido talados durante los últimos años; por último, para la cobertura de pastizal, se tuvo en cuenta la presencia de vegetación rasante y herbácea asociada a actividad agropecuaria (figura 1).

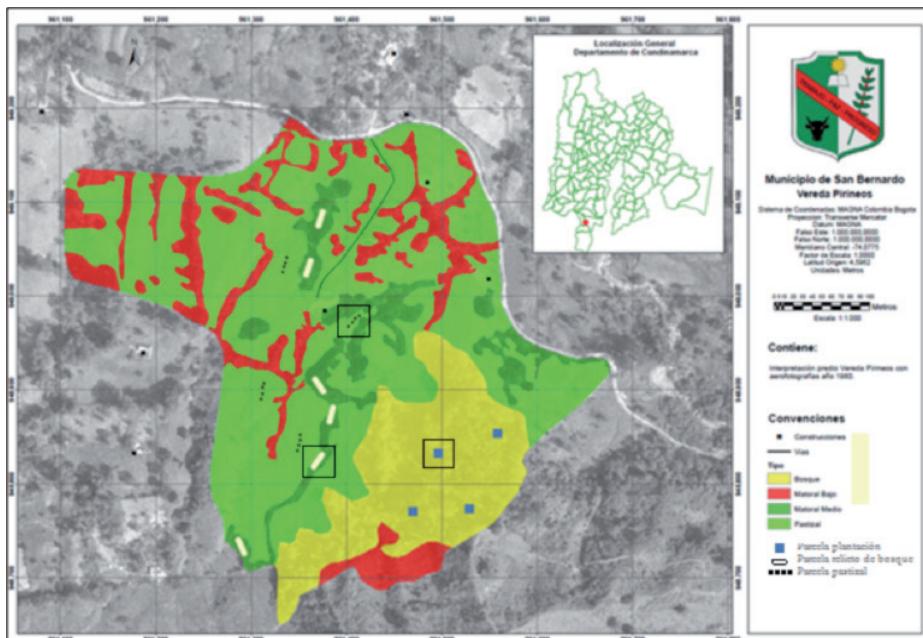
Para cada tipo de cobertura, se diligenciaron formatos de campo con los datos de los conteos de las especies para así establecer las coberturas de las especies, al igual que la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP > 5). Por último, se tomaron individuos de cada especie vegetal con el fin de realizar la determinación taxonómica respectiva:

- **Relicto de bosque.** Para el estrato arbóreo, se realizaron seis parcelas de 100 m<sup>2</sup> (20 x 5 m). Para el estrato arbustivo, en cada una de las parcelas de 100 m<sup>2</sup>, se delimitó una subparcela de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m). Por último, para el estrato herbáceo, en cada parcela de 25 m<sup>2</sup>, se delimitaron cuatro subparcelas de 1 m<sup>2</sup> (figura 2) (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Moreno, 2001; Villarreal *et al.*, 2004).
- **Plantación.** Para el estrato arbóreo, se establecieron cuatro parcelas de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m). En el caso del estrato arbustivo, en cada parcela de 100 m<sup>2</sup>, se delimitó una subparcela de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m). A su vez, para el estrato herbáceo,

dentro cada parcela de 25 m<sup>2</sup>, se delimitaron cuatro subparcelas de 1 m<sup>2</sup> (figura 2) (Mostacedo y Fredericksent, 2000; Villarreal *et al.*, 2004).

- **Pastizal.** Para la caracterización de la vegetación en los estratos herbáceo y rasante en esta cobertura, se muestrearon diecisésis parcelas de 1 m<sup>2</sup> (1 x 1 m) (figura 2) (Mostacedo y Fredericksent, 2000; Villarreal *et al.*, 2004).

**Figura 1.** Mapa con unidades de coberturas presentes en el predio vereda pirineos (interpretación con aerofotografías del año 1980)



**Fuente:** adaptado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1980).

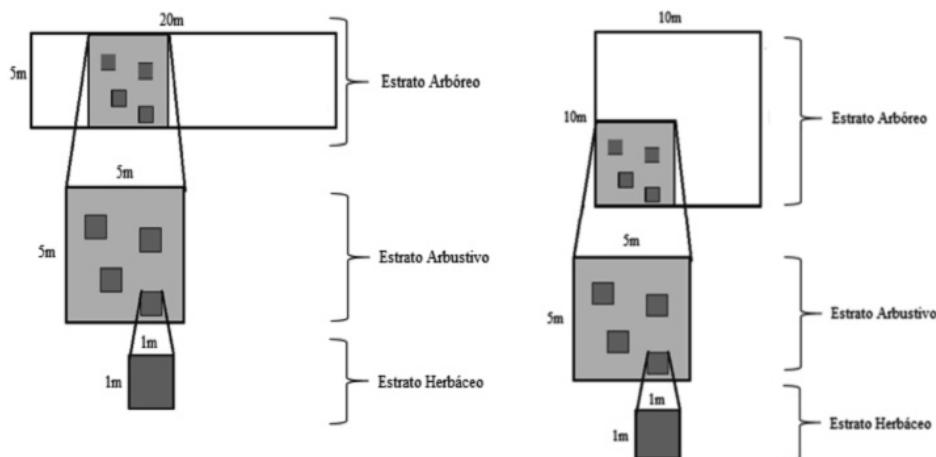
Para establecer si el muestreo fue representativo en las tres coberturas, se realizaron curvas de acumulación con ayuda del programa Stimates 6.0 (Marrugan, 1989; Villareal *et al.*, 2004; Matteucci y Colma, 1982).

### Determinación taxonómica de la vegetación vascular

Las muestras recolectadas fueron fotografiadas (Anexo 3) y transportadas en bolsas negras debidamente rotuladas con los datos de localidad, coordenadas geográficas, altitud, fecha y número de colección. Posteriormente, los individuos fueron prensados y desinfectados con alcohol al 70 %. Por último, los individuos se compararon

con ejemplares de herbario de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Pontificia Universidad Javeriana y se determinaron con ayuda de especialistas botánicos y claves especializadas. Toda la información recolectada fue sistematizada en hojas de Excel (Mueller y Ellenberg, 1974; Villarreal *et al.*, 2004; Brewer y Menzel, 2009).

**Figura 2.** Esquema con la distribución de las parcelas en la unidad de relichto de bosque, plantación y pastizal



Fuente: Beltrán, Moreno y Rodríguez (2014).

## Tratamiento de los datos

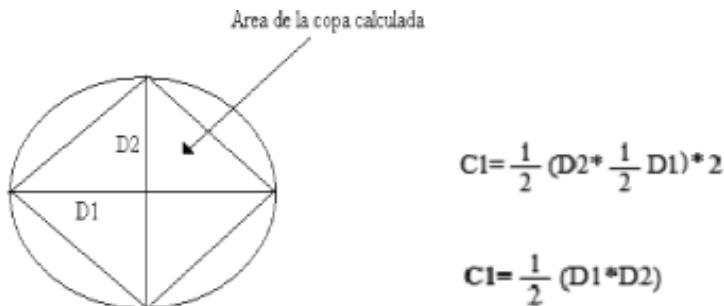
Las variables que se analizaron fueron (Moreno, 2001):

- Abundancia relativa. Es la proporción de cada especie *i* sobre el total de observaciones de cada parcela, de acuerdo con la fórmula (Ramírez, 2006):

$$\text{Abundancia relativa } i = \frac{\text{No. de presencias de la sp}}{\text{No. total de observaciones}} * 100$$

Cobertura. Se analizó de acuerdo con la estructura vertical de la comunidad vegetal teniendo en cuenta cada estrato (Matteucci y Colma, 1982). Para el caso de las especies herbáceas, se expresó como porcentaje de presencias en relación con la superficie total muestrada (Kershaw, 1975; Müller y Ellenberg, 1974). En las especies arbóreas y arbustivas, se calculó midiendo diámetro mayor y menor de cada copa y se aplicó la siguiente fórmula (figura 3).

**Figura 3.** Esquema para estimar la proyección de la copa de un árbol



Dónde:

$C1$ = cobertura de la copa de cada individuo en  $m^2$

$D_1$ = diámetro mayor

$D_2$ = diámetro menor

Fuente: Rangel y Velásquez (1997).

- Altura total. Se calculó la altura de las especies arbóreas con ayuda de varillas métricas. La estratificación vertical de la vegetación se realizó con base en los siguientes estratos: rasante ( $< 0,3$  m), herbáceo ( $0,31-1,5$  m), arbustivo ( $1,51-5$  m), arbóreo ( $5,1- > 25$  m) (Rangel y Velásquez, 1997).
- $DAP > 5$  cm. Se registró la circunferencia a la altura del pecho (CAP) y se transformó a DAP por medio de la fórmula (Rangel y Velásquez, 1997):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Dónde:

CAP: circunferencia a la altura del pecho

$\pi$ : 3,1415

- Índice de valor de importancia (IVI). Se evaluó la importancia de cada especie dentro de las unidades (Cottam, 1949, citado en Matteucci y Colma, 1982).

$$\text{IVI esp } i = \text{Abundancia relativa } i + \text{Área basal relativa } i + \text{Frecuencia relativa } i$$

Dónde:

$$\text{Abundancia relativa } i = \frac{\text{No. de presencias de la especie } i}{\text{No. total de observaciones}} * 100$$

$$\text{Área basal} = \frac{4}{\pi} * (\text{DAP})^2$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Presencia de la especie } i}{\text{Presencia todas las especies}} * 100$$

$$\text{Cobertura esp } i = \frac{\text{No. de puntos interceptados por la sp } i}{\text{Total de puntos en el transecto}} * 100$$

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura especie } i}{\sum \text{Cobertura de todas las especies}} * 100$$

- Índice de predominio fisonómico (IPF). Se calculó para el estrato arbustivo y arbóreo de la siguiente forma (Rangel y Velásquez, 1997):

$$\text{IPF esp } i = \text{Abundancia relativa } i + \text{Área basal relativa } i + \text{Cobertura relativa } i$$

- Diversidad alfa. Es la riqueza de especies de una comunidad determinada a nivel “local” (Ramírez, 1999).
- Índice de diversidad de Shannon-Wiener. Se calculó este índice de diversidad a partir del número de especies y abundancias relativas, con ayuda de la siguiente ecuación (Ramírez, 1999):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dónde:

$p_i$ : proporción de la especie  $i$  en la muestra.

- Índice de Simpson. Analizó las especies más abundantes de las muestras (Ramírez, 1999).

$$D = \sum \left( \frac{n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)} \right)$$

Dónde:

$n_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N$  = número total de individuos

- Diversidad Beta. Se analizó la semejanza entre dos muestras considerando solo la composición de especies (Villarreal *et al.*, 2004).
- Índice de Sorensen. Relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies, en ambos sitios. Los parámetros guía para evaluar los resultados de afinidad (tabla 1) (Ramírez, 2006).

$$A_{jk} = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Dónde:

a = número de especies comunes entre  $j$  y  $k$

b = número de especies que están en  $j$  pero no en  $k$

c = número de especies que están en  $k$  pero no en  $j$

**Tabla 1.** Intervalos para evaluar los resultados de afinidad entre comunidades

Afinidad	Comunidades
0 – 0,5	Diferentes
> 0,5 – 0,65	Similitud dudosa
> 0,65 – 0,8	Semejantes
0,8	Igualas

**Comparación de los datos registrados entre las coberturas.** Las diferencias entre las unidades de cobertura se obtuvieron mediante un análisis de varianza clásico. Se tuvieron en cuenta las variables de abundancia, cobertura, especie y hábito (Arias y Barrera, 2007), con ayuda del programa R' 3.1.2. Por último, se realizó un análisis de correspondencia, que reconoció la distribución de las especies dentro de las tres unidades de cobertura, teniendo en cuenta los valores de riqueza y abundancia, con ayuda del programa estadístico PAST.

### Definición de los atributos de las especies vegetales

Luego de la determinación taxonómica y a partir de los rasgos ecológicos de cada una de las especies registradas, se recopiló información sobre sus atributos con la colaboración de especialistas botánicos y fuentes secundarias (tabla 2).

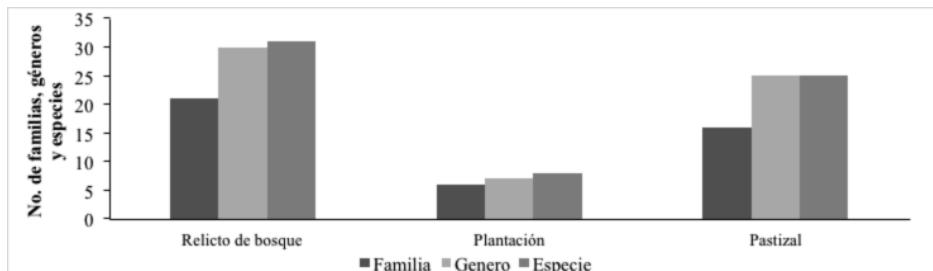
**Tabla 2.** Rasgos y atributos considerados para cada especie

Rasgos	Atributos
Hábito	Hierva/arbusto/árbol
Origen	Nativo/exótico
Método de dispersión	Anemócora/hidrocora/zoocora
Ciclo de vida	Anual/perenne/bianual
Potencial invasor	Sí/no
Tipo de reproducción	Sexual/vegetativa

## Resultados

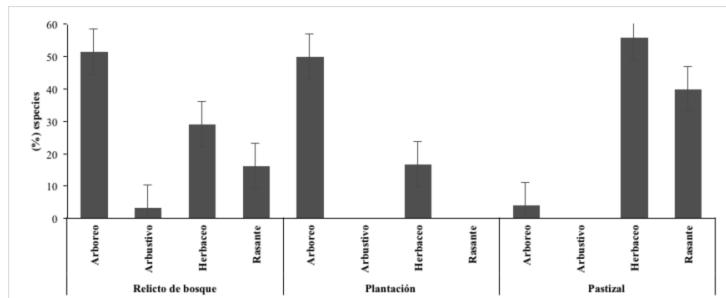
### Composición de la vegetación

El relictico de bosque registró 21 familias, 30 géneros, 31 especies y 2 especies indeterminadas; mientras que la plantación registró 6 familias, 7 géneros y 8 especies; por último, el pastizal presentó 16 familias, 25 géneros, 20 especies y 3 especies indeterminadas (figura 4) (Anexo 1).

**Figura 4.** Número de familias, géneros y especies de acuerdo con la unidad de cobertura

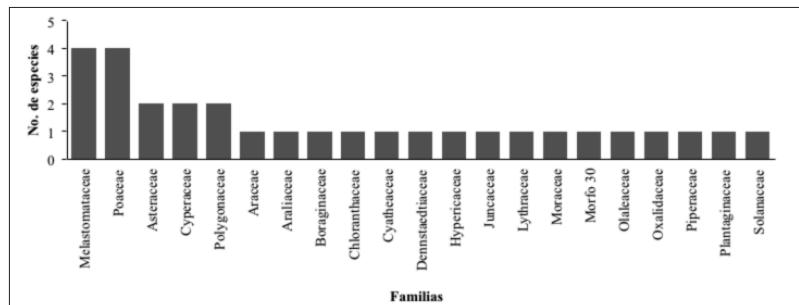
En el relictico de bosque, el 52 % (16) de especies se ubicaron en el estrato arbóreo; el 3 % (1), en el estrato arbustivo; el 29 % (9), en el estrato herbáceo, y el 16 % (5), en el estrato rasante. En plantación, 50 % (3) de especies se hallaron en el estrato arbóreo y en el estrato herbáceo, 16 % (1). Por último, en pastizal, el estrato arbóreo presentó el 4 % (1) de especies; el estrato herbáceo, el 56 % (14), y el 40 % (10) en el estrato rasante (figura 5).

**Figura 5.** Porcentaje de especies por tipo de estrato (promedio  $\pm$  error típico) de acuerdo con la unidad de cobertura

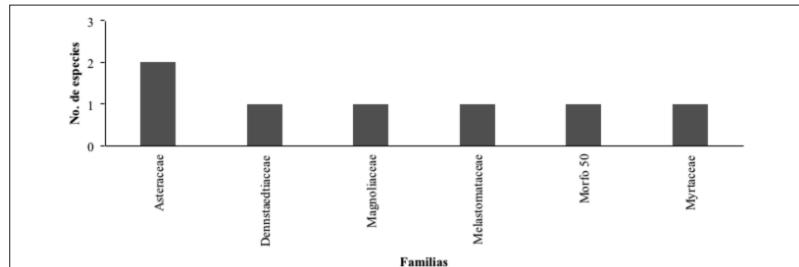


Las familias más representativas en relictos de bosque fueron Melastomataceae y Poaceae (4 especies), Asteraceae, Cyperaceae y Polygonaceae (2 especies [figura 6a]). En la plantación, la familia más representativa fue Asteraceae (2 especies), seguida por Dennstaedtiaceae, Magnoliaceae y Melastomataceae (figura 6b). Por último, en plantación, las familias más representativas fueron Poaceae (6 especies), Asteraceae (3 especies), Cyperaceae y Polygonaceae (2 especies) (figura 6c).

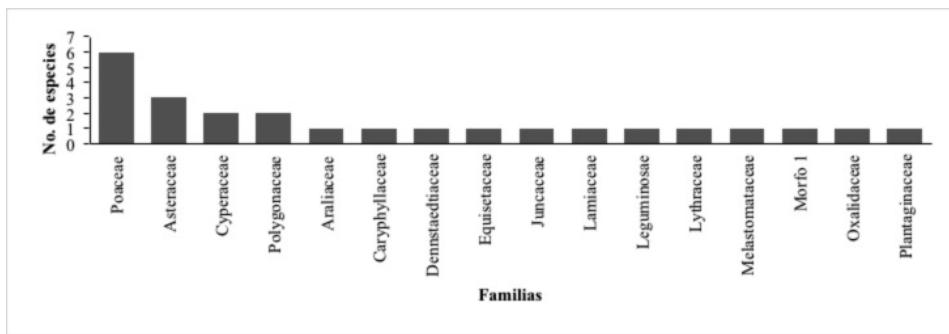
**Figura 6.** Especies por familia encontradas en el  
(a) relictos de bosque, (b) plantación y (c) pastizal



a)



b)

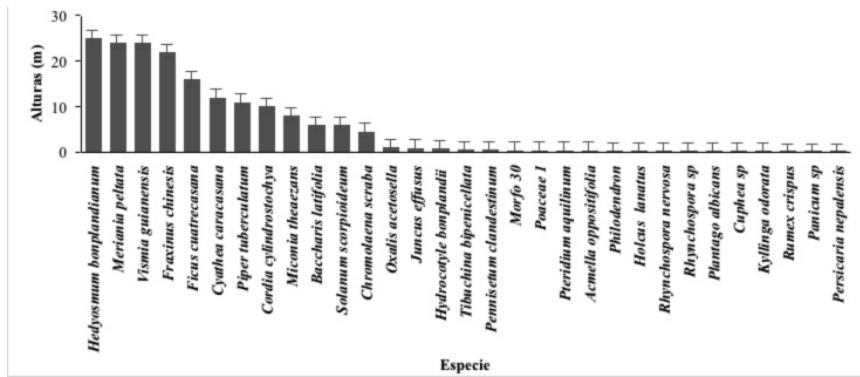


c)

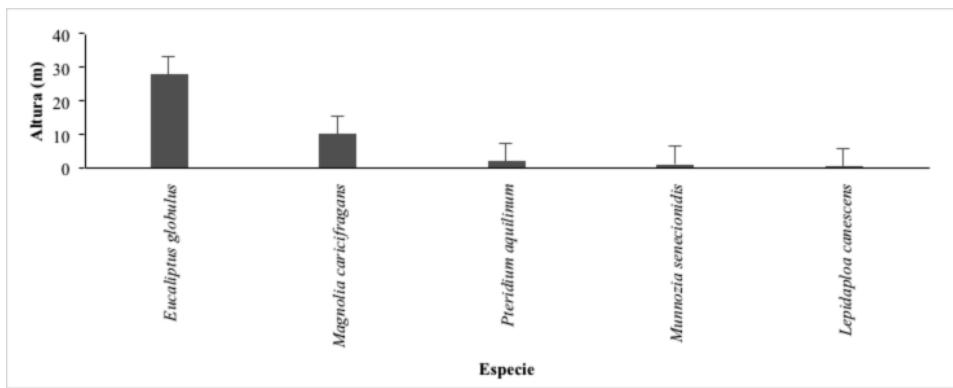
### Estructura de las unidades de cobertura

En el relicto de bosque, las mayores alturas promedio fueron registradas para *Hedysimum bonplandianum* (25 m), *Meriania peltata* y *Vismia guianensis* (24 m), *Fraxinus chinensis* (22 m), *Ficus cuatrecasana* (16 m), *Cyathea caracasana* (12 m), *Piper tuberculatum* (11 m), *Cordia cylindrostachya* (10 m), *Miconia theaezans* (8 m), *Baccharis latifolia* y *Solanum scropioides* (6 m); las demás especies registraron menos de 5 m (figura 7a). En plantación, las mayores alturas fueron *Eucalyptus globulus* (28 m) y *Magnolia caricifragans* (10 m); las otras especies tuvieron menos de 2 m (figura 7b). En pastizal, las mayores alturas fueron *Persicaria nepalensis* (0,96 m), *Holcus lanatus* y *Pteridium aquilinum* (0,85 m), *Oxalis acetosella* (0,66 m), *Pennisetum clandestinum* (0,6 m), *Equisetum* sp. (0,58 m), *Hydrocotyle bonplandii* (0,55 m); el resto de especies presentaron menos de 0,5 m de altura (figura 7c).

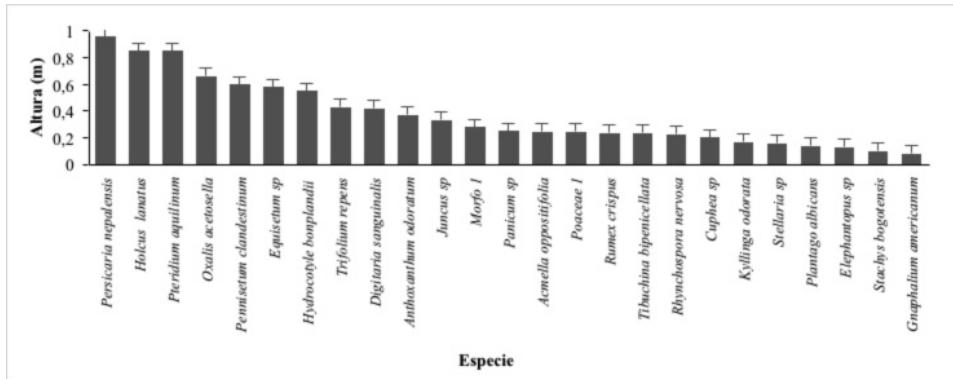
**Figura 7.** Alturas de las especies (promedio  $\pm$  error típico) en las unidades de (a) relicto de bosque, (b) plantación y (c) pastizal



a)



b)



c)

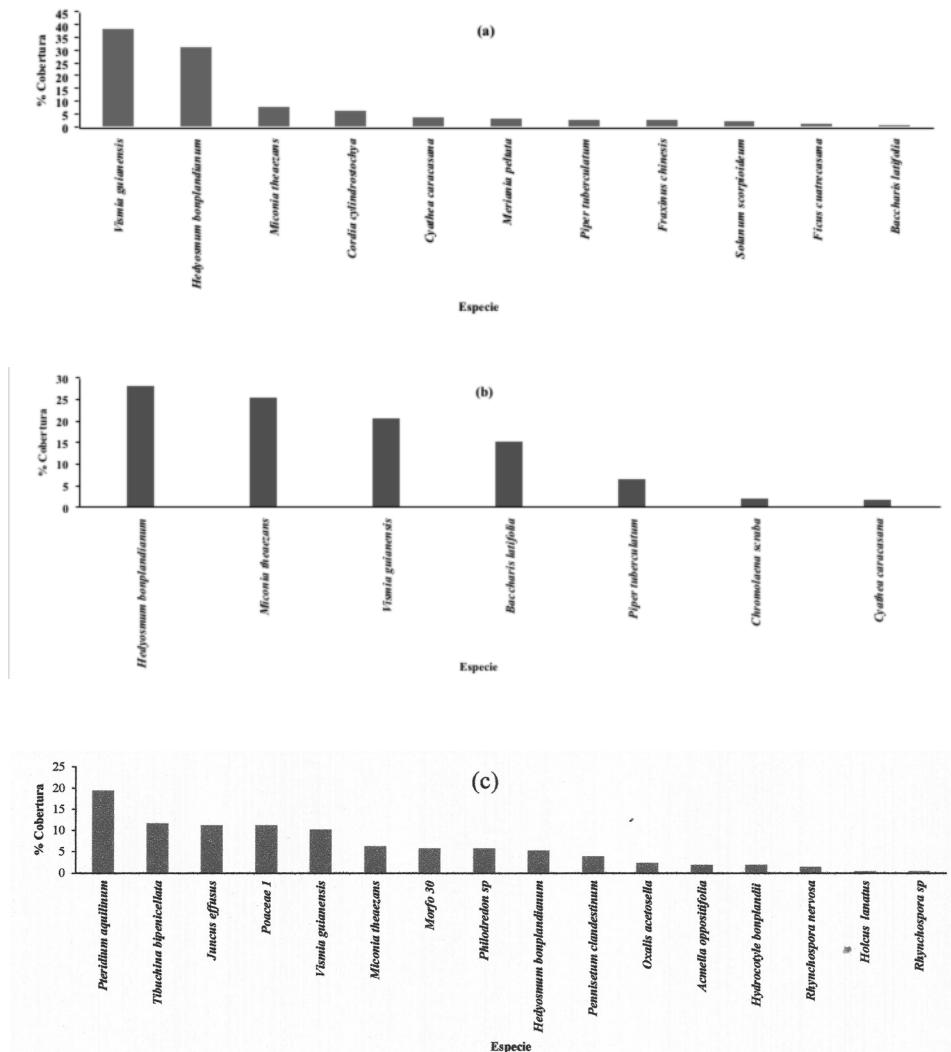
Porcentaje de especies por estrato de acuerdo con la unidad de cobertura

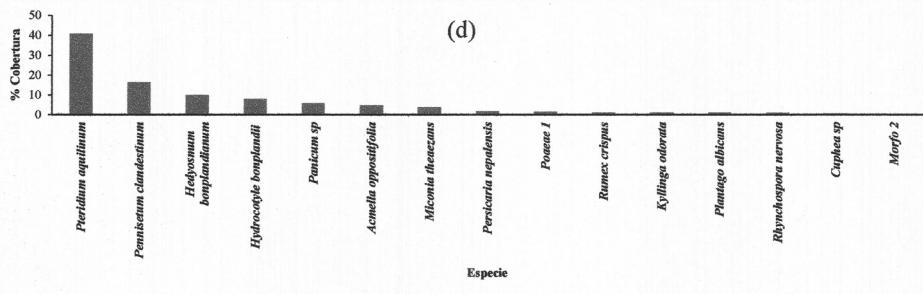
### Relicto de bosque

En el estrato arbóreo, las especies con mayor porcentaje de cobertura fueron *Vismia guianensis* (39 %), *Hedyosmum bonplandianum* (31 %); las otras especies tuvieron un porcentaje de cobertura menor al 8 % (figura 8a). Para el caso del estrato arbustivo, los mayores porcentajes de cobertura fueron para *Hedyosmum bonplandianum* (28 %), *Miconia theaezans* (25 %), *Vismia guianensis* (20 %), *Baccharis latifolia* (15 %); las demás especies tuvieron un porcentaje de cobertura menor al 7 % (figura 8b). En el caso del estrato herbáceo, la especie con mayor porcentaje de cobertura fue *Pteridium aquilinum* (19 %), seguida por *Tibouchina bipenicillata*, *Juncus effu-*

sus y morfotipo 1 (sin determinar) (11 %), *Vismia guianensis* (10 %); las demás especies tuvieron un porcentaje de cobertura menor al 7 % (figura 8c). Por último, para el estrato rasante, *Pteridium aquilinum* fue la especie con mayor porcentaje de cobertura (41 %), seguida por *Pennisetum clandestinum* (16 %), *Hedyosmum bonplandianum* (10 %); el resto de especies tuvieron un porcentaje de cobertura menor al 9 % (figura 8d).

**Figura 8.** Cobertura de especies por estrato (a) arbóreo, (b) arbustivo, (c) herbáceo y (d) rasante en el relicito de bosque

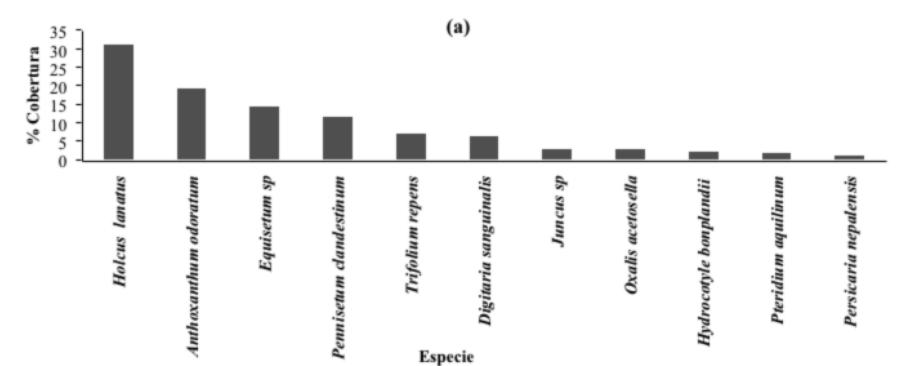


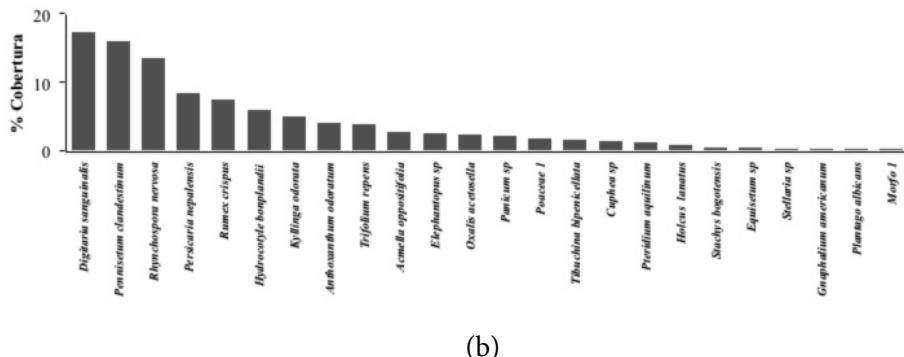


### Pastizal

La especie con mayor porcentaje de cobertura para el estrato herbáceo fue *Holcus lanatus* (31 %), seguida por *Anthoxanthum odoratum* (19 %), *Equisetum* sp. (14 %), *Pennisetum clandestinum* (11 %) (figura 9a). En el estrato rasante, *Digitaria sanguinalis* presentó el mayor porcentaje de cobertura (17 %), seguida por *Pennisetum clandestinum* (16 %), *Rhynchospora nervosa* (13 %); el resto de especies registraron menos el 8 % del porcentaje de cobertura (figura 9b).

**Figura 9.** Porcentaje de cobertura de especies por estrato  
(a) herbáceo y (b) rasante en el pastizal



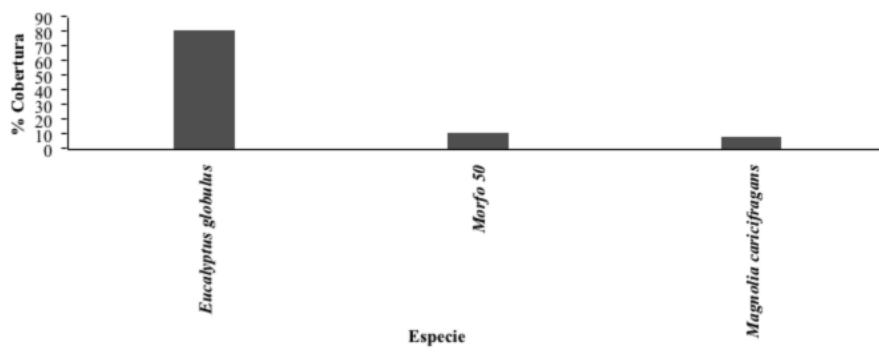


(b)

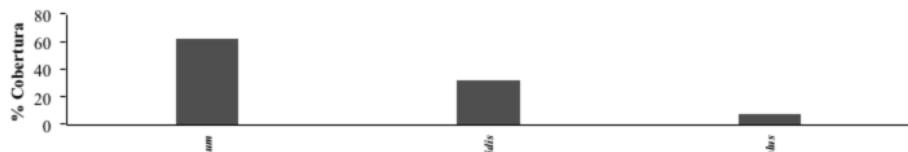
### Plantación

En el estrato arbóreo, *Eucalyptus globulus* presentó el mayor porcentaje de cobertura (81 %) seguida por el morfotipo 3 (sin determinar) (10 %) y *Magnolia caricifragans* (9 %) (figura 10a). En el estrato arbustivo, *Pteridium aquilinum* presentó el 100 % de cobertura (figura 10b). En el caso del estrato herbáceo, las especies con mayor porcentaje de cobertura fueron *Pteridium aquilinum* (50 %), *Munnozia senecionidis* (40 %) (figura 10c). Por último, el estrato rasante mostró a *Pteridium aquilinum* con el mayor porcentaje de cobertura (71 %), seguida por *Munnozia senecionidis* (12 %) (figura 10d).

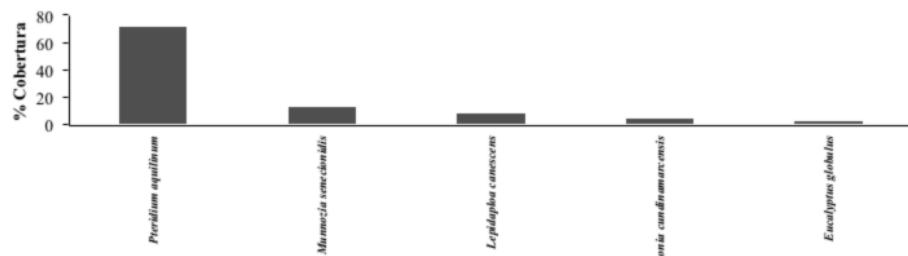
**Figura 10.** Porcentaje de cobertura de especies por estrato (a) arbóreo, (b) herbáceo y (c) rasante en la plantación



(a)



(b)



(c)

## Índices de diversidad

Los valores mayores hallados de diversidad de Shannon fueron para la unidad de pastizal (2,76), seguido por relictico de bosque (2,65) y plantación (1,39) (tabla 3). Los valores de diversidad para Simpson en la unidad de pastizal (0,89), relictico de bosque (0,85) y plantación (0,68) se muestran en la tabla 4.

**Tabla 3.** Diversidad de Shannon registrada para las tres unidades de cobertura

Índice de Shannon		
Unidad de muestreo	Número	Medio
Relictico de bosque	31	2,65
Plantación	7	1,39
Pastizal	25	2,76

**Tabla 4.** Diversidad de Simpson registrada para las tres unidades de cobertura

Índice de Simpson		
Unidad de muestreo	Número	Medio
Relicto de Bosque	31	0,85
Plantación	7	0,68
Pastizal	25	0,89

El índice de similitud de Sorensen deja ver una similitud dudosa entre el relict de bosque y el pastizal (0,53) y una diferencia total con la plantación (0,05). Por su parte, el pastizal y la plantación son diferentes entre sí (0,06) (tabla 5).

**Tabla 5.** Valores de similitud de Sorensen para las unidades de cobertura

Comparación unidades relicito de bosque-pastizal		
N.º de especies comunes	15	0,53
N.º de especies que están en relicito de bosque, pero no en pastizal	16	
N.º de especies que están en pastizal, pero no en relicito de bosque	10	
Comparación unidades relicito de bosque-plantación		
N.º de especies comunes	1	0,05
N.º de especies que están en relicito de bosque, pero no en plantación	30	
N.º de especies que están en plantación, pero no en relicito de bosque	6	
Comparación unidades pastizal-plantación		
N.º de especies comunes	1	0,06
N.º de especies que están en pastizal, pero no en plantación	24	
N.º de especies que están en plantación, pero no en pastizal	6	

El índice de valor de importancia (rvi), en la unidad de relicito de bosque, muestra que las especies que más valor registraron fueron *Hedyosmum bonplandianum* (85,27), *Vismia guianensis* (76,52), y *Miconia theaezans* (45,04). Por otra parte, *Cyathea caracasana* presenta un valor de 18,15, seguida por *Piper tuberculatum* (15,50), *Cordia cylindrostachya* (14,15), *Meriania peltata* (10,97) y *Solanum scorpioides* (9,89). Las especies que menor valor registraron dentro del relicito de

bosque fueron *Baccharis latifolia* (7,80), *Chromolaena scabra* (6,45), *Ficus cuatrecasana* (6,31) y *Fraxinus chinensis* (6,31) (tabla 5).

La especie que registró mayor valor en plantación fue *Eucalyptus globulus* (256,83). Las especies menores fueron el morfotipo 3 (sin determinar) (22,14) y *Magnolia caricifragans* (21,02) (tabla 6).

**Tabla 6.** Valores del índice de valor de importancia para las especies arbóreas y arbustivas

Relicto de bosque				
Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	30,67	41,08	13,51	85,27
<i>Vismia guianensis</i>	42,98	17,32	16,21	76,52
<i>Miconia theaezans</i>	9,02	19,8	16,21	45,04
<i>Cyathea caracasana</i>	4,87	2,47	10,81	18,15
<i>Piper tuberculatum</i>	0,96	6,43	8,1	15,5
<i>Cordia cylindrostachya</i>	2,25	4,45	8,1	14,81
<i>Meriania peltata</i>	5,79	2,47	2,7	10,97
<i>Solanum scorpioideum</i>	0,29	1,48	8,1	9,89
<i>Baccharis latifolia</i>	0,42	1,98	5,4	7,8
<i>Chromolaena scabra</i>	0,06	0,99	5,4	6,45
<i>Ficus cuatrecasana</i>	2,62	0,99	2,7	6,31
<i>Fraxinus chinensis</i>	0,01	0,49	2,7	3,21
<b>Total</b>	100	100	100	300

plantación				
Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI
<i>Eucalyptus globulus</i>	94,7	95,45	66,66	256,83
Morfotipo 3	3,21	2,27	16,66	22,14
<i>Magnolia caricifragans</i>	2,08	2,27	16,66	21,02
<b>Total</b>	100	100	100	300

El índice de predominio fisionómico (IPF), en relictos de bosque, muestra que las especies con mayor valor son *Hedyosmum bonplandianum* (102,53), *Vismia guianensis* (98,18) y *Miconia theaezans* (37,7). Por otra parte, *Cordia cylindrostachya* presenta un valor de 12,47, seguida por *Meriania peltata* (11,1), *Cyathea caracasana*

(10,76) y *Piper tuberculatum* (10,46). En cambio, las especies con menor valor dentro del relicto de bosque son *Ficus cuatrecasana* (4,74), *Baccharis latifolia* (4,40), *Solanum scorpioideum* (3,69), *Fraxinus chinensis* (2,70) y *Chromolaena scraba* (1,21) (tabla 6).

El mayor valor registrado en plantación fue *Eucalyptus globulus* (241,76). Las especies menores fueron el morfotipo 3 (sin determinar) (31,1) y *Magnolia caricifragans* (9,96) (tabla 7).

**Tabla 7.** Valores del índice de predominio fisionómico para las especies arbóreas y arbustivas

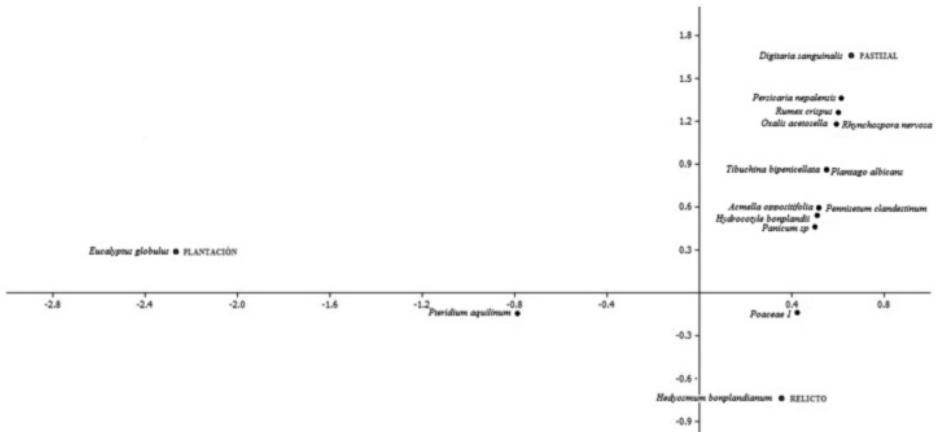
Relicto de bosque				
Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IPF
<i>Hedyosmum bonplandianum</i>	30,67	41,08	30,77	102,5
<i>Vismia guianensis</i>	42,98	17,32	37,86	98,18
<i>Miconia theaezans</i>	9,02	19,8	8,87	37,7
<i>Cordia cylindrostachya</i>	2,25	4,45	5,76	12,47
<i>Meriania peltata</i>	5,79	2,47	2,82	11,1
<i>Cyathea caracasana</i>	4,87	2,47	3,41	10,76
<i>Piper tuberculatum</i>	0,96	6,43	3,06	10,46
<i>Ficus cuatrecasana</i>	2,62	0,99	1,12	4,74
<i>Baccharis latifolia</i>	0,42	1,98	2	4,4
<i>Solanum scorpioideum</i>	0,29	1,48	1,91	3,69
<i>Fraxinus chinensis</i>	0,01	0,49	2,19	2,7
<i>Chromolaena scraba</i>	0,06	0,99	0,16	1,21
<b>Total</b>	100	100	100	300

Plantación				
Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IPF
<i>Eucalyptus globulus</i>	94,7	89,36	57,69	241,76
Morfo 3	3,21	2,12	7,76	13,1
<i>Magnolia caricifragans</i>	2,08	2,12	5,75	9,96
<b>Total</b>	100	100	100	300

El análisis de correspondencia indica una agrupación de especies en relictos de bosque como *Hedyosmum bonplandianum*, *Baccharis latifolia*, *Chromolaena scabra*, *Cordia cylindrostachya*, *Cyathea caracasana*, *Ficus cuatrecasana*, *Fraxinus chinensis*, *Juncus effusus*, *Meriania peltata*, *Miconia theaezans*, Cyperaceae, morfotipo 1 (sin determinar), *Piper tuberculatum*, *Solanum scorpioideum*, *Vismia guianensis*, *Philodendron* sp. En plantación, las especies que se concentran son *Eucalyptus globulus*, *Lepidaploa canescens*, *Magnolia caricifragans*, *Miconia cundinamarcensis*, *Munnozia senecionidis* y morfotipo 3 (sin determinar). Por último, en pastizal, *Digitaria sanguinalis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Elephantopus* sp., *Gnaphalium americanum*, *Stellaria* sp., *Stachys bogotensis*, *Trifolium repens* y morfotipo 2 (sin determinar) se agruparon de forma tal que son especies únicas de la cobertura.

Las especies que no se encuentran directamente relacionadas en los puntos de relictos de bosque, plantación o pastizal es por la relación presente entre dos o tres coberturas, como es el caso de *Persicaria nepalensis*, *Rumex crispus*, *Oxalis acetosella*, *Rhynchospora nervosa*, *Tibouchina bipenicillata*, *Plantago albicans*, *Acmella oppositifolia*, *Pennisetum clandestinum*, *Hydrocotyle bonplandii*, *Panicum* sp., y Poaceae 1, las cuales se encuentran en una transición entre relictos de bosque y pastizal; su cercanía a cada punto está directamente influenciada por presentar mayor y menor abundancia. Por el contrario, *Pteridium aquilinum* se aproxima al límite con cero por ser la única especie presente en las tres unidades de cobertura (figura 11).

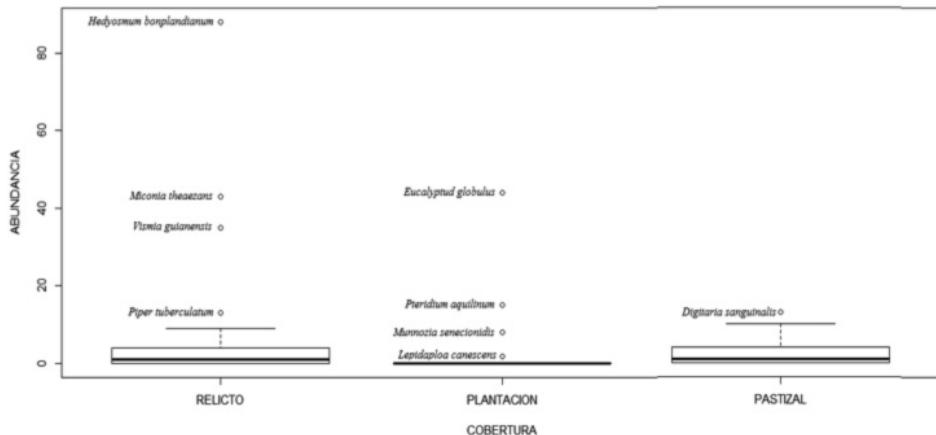
**Figura 11.** Análisis de correspondencia para las tres unidades de cobertura y especies



La figura 12 muestra en relictos de bosque una media del 3 % con especies que presentaron una mayor abundancia en comparación de la media, como: *Hedyos-*

*mum bonplandianum*, *Miconia theaezans*, *Vismia guianensis* y *Piper tuberculatum*. En plantación, la media fue del 2 %, a excepción de *Eucalyptus globulus*, *Pteridium aquilinum*, *Munnozia senecionidis* y *Lepidaploa canescens* que mostraron una abundancia mayor. Por último, el pastizal presentó una media del 3 %, y *Digitaria sanguinalis* tenía una abundancia mayor respecto a la media.

**Figura 12.** Diagrama de cajas, cobertura y abundancia de especies



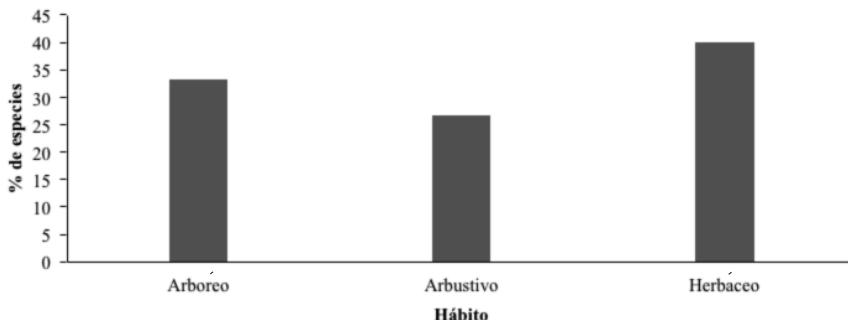
### Atributos vitales de las especies nativas<sup>1</sup>

#### Hábito

Las especies registradas para el hábito de árbol con un porcentaje del 33 % fueron: *Cordia cylindrostachya*, *Eucalyptus globulus*, *Ficus cuatrecasana*, *Fraxinus chinensis*, *Hedyosmum bonplandianum*, *Meriania peltata*, *Miconia theaezans*, *Piper tuberculatum*, *Solanum scorpoideum* y *Vismia guianensis*; para el hábito de arbusto que presenta un 26 %, se registraron las especies *Baccharis latifolia*, *Chromolaena scabra*, *Juncus effusus*, *Lepidaploa canescens*, *Miconia cundinamarcensis*, *Munnozia senecionidis*, *Philodendron* sp. y *Tibouchina bipenicillata*; por último, en el hábito de hierba, con un 40 %, se registraron especies como *Acmella oppositifolia*, *Anthoxanthum odoratum*, *Digitaria sanguinalis*, *Hydrocotyle bonplandii*, *Kyllinga odorata*, *Oxalis acetosella*, *Pennisetum clandestinum*, *Persicaria nepalensis*, *Plantago albicans*, *Rhynchospora nervosa*, *Rumex crispus* y *Stachys bogotensis* (figura 13).

1 Véase Anexo 2.

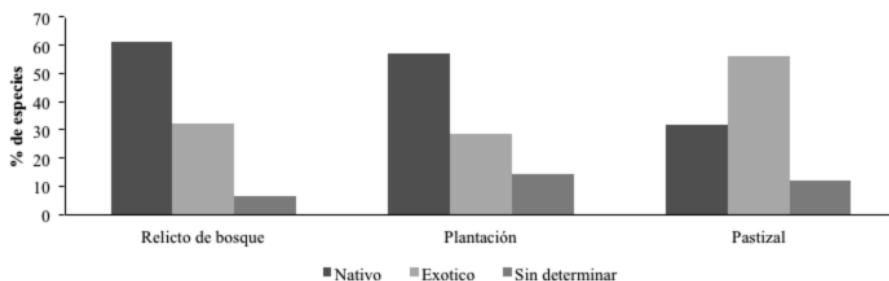
**Figura 13.** Porcentaje de especies de acuerdo al hábito



### *Especies de acuerdo con su origen en las unidades de cobertura*

De las especies encontradas en el relicto de bosque, el 62% (19) fueron nativas; el 32 % (10), exóticas, y el 6 % (2) no fueron determinadas. Para el caso de plantación, el 57 % (4) fueron nativas; el 29 % (2), exóticas, y el 14 % (1) no pudieron ser determinadas. Por último, de las especies encontradas en el pastizal, el 56 % (14) fueron de origen exótico; el 32 % (8), de origen nativo, y el 12 % (3) no fue posible determinar (figura 14) (Anexo 2).

**Figura 14.** Proporción de especies registradas (promedio ± error típico) de acuerdo con su procedencia en las unidades de cobertura

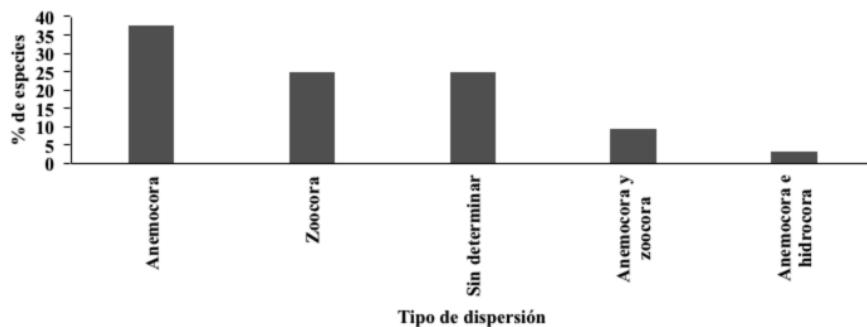


### *Tipo de dispersión*

Las especies con forma de dispersión anemocora, que representan el 37 %, fueron: *Acmella oppositifolia*, *Baccharis latifolia*, *Chromolaena scabra*, *Digitaria sanguinalis*, *Fraxinus chinensis*, *Hydrocotyle bonplandii*, *Lepidaploa canescens*, *Munnozia sene-*

*cionidis*, *Pennisetum clandestinum*, *Pteridium aquilinum*, *Rhynchospora nervosa* y *Tibouchina bipenicillata*, con dispersión zoocora que representan un 25 % con las especies: *Ficus cuatrecasana*, *Meriania peltata*, *Miconia cundinamarcensis*, *Miconia theaezans*, *Persicaria nepalensis*, *Plantago albicans*, *Solanum scorpioideum* y *Vismia guianensis*. Las especies *Eucalyptus globulus*, *Juncus effusus* y *Piper tuberculatum* representaron un 9 % con la forma de dispersión tanto anemócora como zoocora. Por último, la única especie con un síndrome anemócoro e hidrocora fue *Rumex crispus*, que representa un 3 % (figura 15).

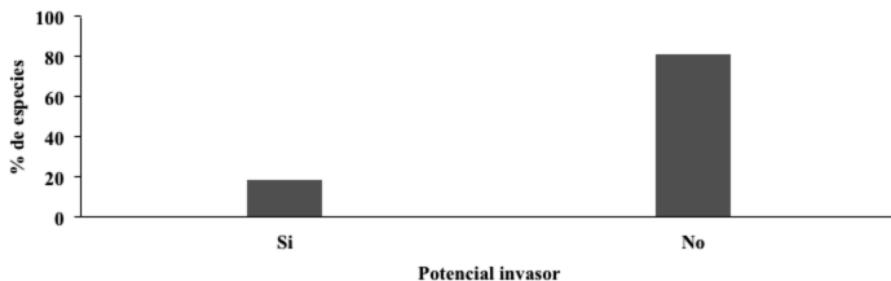
**Figura 15.** Porcentaje de especies de acuerdo con el síndrome de dispersión



### Potencial invasor

De las especies registradas, solo *Digitaria sanguinalis*, *Eucalyptus globulus*, *Pennisetum clandestinum*, *Persicaria nepalensis*, *Pteridium aquilinum* y *Rumex crispus* presentaron potencial invasor, y representan el 18 % del total de las especies registradas (figura 16).

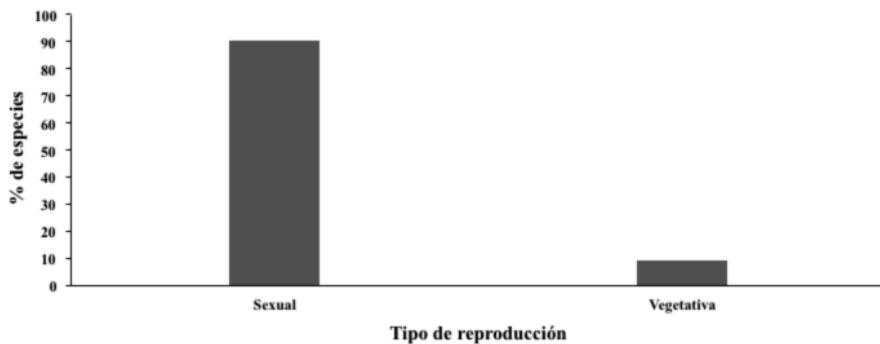
**Figura 16.** Porcentaje de especies de acuerdo con el potencial invasor



### *Tipo de reproducción*

Las especies que presentan un tipo de reproducción vegetativa son *Pennisetum clandestinum*, *Philodendron* sp. y *Plantago albicans*, y representan un 9 %. El resto de especies presentan una reproducción sexual y representan el 90 % del total de especies registradas (figura 17).

**Figura 17.** Porcentaje de especies de acuerdo con el tipo de reproducción



### **Discusión**

La caracterización de la vegetación vascular se constituye en una herramienta para el desarrollo de estrategias de restauración en la búsqueda del equilibrio de los ecosistemas disturbados (Barrera *et al.*, 2010). De esta manera, la composición florística y estructural es útil en función de la riqueza de especies en ambientes de comunidades alteradas y contribuye a evidenciar aspectos ecológicos inherentes en estos sitios (Rangel y Velásquez, 1997; Begón *et al.*, 1999; Arias y Barrera, 2007).

En Colombia, los bosques subandinos han venido desapareciendo como consecuencia del cambio en el uso del suelo hacia sistemas agrícolas y pecuarios, lo que ha generado pérdida de la vegetación nativa, modificación de las temperaturas y precipitaciones medias anuales, al igual que cambios en las coberturas vegetales y en la riqueza de especies, la cual se encuentra representada por géneros como *Hedyosmum*, *Miconia*, *Ficus Ageratina*, entre otros (Vargas *et al.*, 2002; Alcandía Municipal de San Bernardo, 2010).

La presente investigación evidenció la presencia de especies que sugieren la presencia histórica de disturbios en el bosque subandino y los procesos de fragmentación, que han afectado las condiciones bióticas y abióticas de los sitios muestreados. Igualmente, evidencia la pérdida de continuidad del bosque original y una dismi-

nución de la biodiversidad (Bustamante y Grez, 1995; Ariza *et al.*, 2008; García *et al.*, 2010; Medina *et al.*, 2010).

La abundancia de especies como *Hedyosmum bonplandianum*, *Miconia theae-zans* y *Vismia guianensis* podría indicar algún estado de conservación en el relicto de bosque con respecto al bosque subandino original, debido a sus características tanto del follaje como el tipo de raíz y la tolerancia a suelos anegados o deficientemente drenados. Se recomienda combinar estas especies con especies herbáceas para facilitar su propagación y revegetalización de la zona (Cuatrecasas, 1934; Gentry, 1995; Franco *et al.*, 1997; Salamanca y Camargo, 2000). Sin embargo, la presencia de especies de origen exótico indica afectación por parte de las áreas subyacentes, las cuales presentan algún grado de disturbio (arribo de especies exóticas, pastoreo, incendios, entre otros). Del mismo modo, dichas especies nativas podrían tener relevancia en procesos de restauración, estas también son propias de ecosistemas subandinos en la cordillera Oriental de Colombia y pueden facilitar procesos de sucesión vegetal debido a sus capacidades competitivas frente a especies exóticas (Cavelier *et al.*, 2001; Sanin y Duque, 2006; Reina *et al.*, 2010; Bohórquez *et al.*, 2011; Tinoco *et al.*, 2014).

La presencia de especies exóticas como *Pteridium aquilinum*, *Digitaria sanguinalis* y *Pennisetum clandestinum* podría indicar que existe en el relicto de bosque algún grado de disturbio o interferencia de las otras coberturas en el aporte de semillas, debido al tamaño de estas, que pueden ser dispersadas por el viento con facilidad (Borda y Vargas, 2011; Beltrán, 2012). Igualmente, el registro de especies como *Persicaria nepalensis* y *Pennisetum clandestinum*, evidencia que la zona de estudio se encuentra cercana a pastizales y campos agrícolas, puesto que dichas actividades favorecen la llegada de especies oportunistas con características colonizadoras (Skolmen y Ledig, 1990; Arias *et al.*, 2003; Ortega, 2003).

En el caso de las plantaciones, la presencia de especies como *Eucalyptus globulus* está relacionada con afectación a los componentes hídrico, edáfico y de biodiversidad. Igualmente, produce reacciones químicas con el suelo y la vegetación que impiden el crecimiento y la competencia de especies propias del bosque por luz y nutrientes. En cuanto al agua, esta especie afecta principalmente la intercepción, la escorrentía superficial, la infiltración y el drenaje, entre otros procesos propios del ecosistema, lo que podría indicar que la producción de agua se vería reducida considerablemente por una plantación de esta especie. En el mismo sentido, se cree que el eucalipto cuenta con posibles efectos alelopáticos e inhibitorios de otras especies, tanto de flora como de fauna, debido a la presencia de sustancias químicas

en las hojas y el mantillo (Sicard y Suárez, 1998; Sanchez *et al.*, 2005; Ojeda y Rodríguez, 2008).

Asimismo, el *Eucalyptus globulus* destacó en el cálculo de los IVI e IPF. Lo anterior corrobora que es una cobertura de eucalipto con vegetación homogénea debido al exudado de sus raíces y hojas, que pueden afectar la acción y la presencia de microorganismos descomponedores, lo que imposibilita el desarrollo de especies nativas por carencia de nutrientes en el suelo (Sicard y Suárez, 1998).

Con el ánimo de diferenciar potencialmente las áreas afectadas, se calcularon los valores de riqueza y abundancia, y resultaron no ser buenos indicadores para diferenciar los tres tipos de coberturas, debido a que se pueden encontrar valores similares con especies diferentes, situación que puede evidenciarse con los valores de similitud de Sorenson (Beltrán, 2012). La diferenciación de estratos observada en el relicto de bosque subandino (estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y rasante) puede sugerir un grado de conservación del ecosistema (Rodríguez y Monsalve, 2013). De la misma forma, la estratificación en la plantación y el pastizal evidenciaron algún grado de conservación, al presentar principalmente especies de hábito arbóreo y rasante en el primer caso, y hábito herbáceo y rasante en el segundo. Lo anterior podría evidenciar procesos de fragmentación y la influencia de actividades agrícolas y pecuarias que influyen directamente en la estructura de la vegetación de los ecosistemas, como pérdida de la biodiversidad, homogeneidad en el paisaje, arribo de especies exóticas (Jaimes y Rivera, 1991; Bustamante y Grez, 1995).

La altura promedio del dosel en el bosque subandino se acerca a los 15 m, con variaciones dependiendo de la topografía de los lugares estudiados (Cantillo y Rangel, 2011). Esto concuerda con valores registrados en nuestro estudio con el relicto de bosque, en donde se encontraron alturas cercanas a los 13 m. Igualmente, en este tipo de ecosistemas, se pueden presentar variaciones en estas alturas, las cuales generalmente dependen de factores climáticos, geológicos y geomorfológicos capaces de influir en la adaptación de las plantas (Rzedowski, 1978; Debouck y Libreros, 1995).

Por otra parte, como una herramienta útil en la identificación de rasgos característicos para la regeneración de las comunidades, se definieron los atributos de las especies más abundantes en las unidades de cobertura, con el fin de dar claridad sobre su potencialidad como precursoras de la sucesión en los estados iniciales (Stuessy, 1990; Díaz *et al.*, 2002). Los síndromes de dispersión presentes en las áreas de estudio fueron zoocoria y anemocoria. Para el caso de relicto de bosque y

plantación, la estrategia dominante en el caso de las especies arbóreas y arbustivas registradas es la zoocoria, debido a las características de la vegetación, dentro de las que se cuenta que sirve de refugio de aves y mamíferos que dispersan sus semillas a otros territorios y asegurar su supervivencia (Cuatrecasas, 1934; Howe y Smallwood, 1982; Fleming *et al.*, 1987; Fonseca, 2001; Cantillo *et al.*, 2008).

Por otra parte, la colonización de especies gramíneas en el pastizal se asocia a síndromes de dispersión anemócora, debido a los regímenes de disturbios impuestos por las actividades agrícolas y pecuarias, al igual que por las características topográficas que generan hábitats particulares por ser una cobertura abierta que facilita el traslado de semillas principalmente de especies herbáceas por el viento, esto se debe por las características de las especies gramíneas como semillas pequeñas, y reproducción sexual, ciclo de vida anual, lo cual facilita su rápida germinación (Brown, 1992; Montenegro y Vargas, 2005; Arias *et al.*, 2003; Cantillo *et al.*, 2008).

## Conclusiones

La presencia de disturbios, como sistemas agrícolas, pecuarios, plantaciones, incendios, entre otros, ha originado una fragmentación del bosque subandino, lo que ha generado una pérdida en la vegetación nativa, modificaciones en las temperaturas y precipitaciones medias anuales, cambios en las coberturas vegetales y riqueza de especies.

La composición florística y estructural evidencia el estado actual de la vegetación y sirve como base a futuros procesos de restauración en la búsqueda del equilibrio de los ecosistemas disturbados.

La presencia histórica de disturbios y procesos de fragmentación en el área de estudio ha afectado las condiciones bióticas y abióticas de los sitios analizados, lo que evidencia la pérdida de la continuación del bosque original y la conservación de la biodiversidad.

La investigación evidenció que la cobertura del relictico de bosque no cumple la función de ecosistema de referencia, debido al establecimiento de especies tanto nativas como exóticas provenientes de regiones adyacentes asociadas con áreas igualmente disturbadas.

La baja riqueza reportada en el relictico de bosque se debe a la influencia de disturbios externos, posiblemente dados por regiones adyacentes que afectan las condiciones bióticas y abióticas de los sitios analizados. Los valores de abundancia resultan no ser buenos indicadores para diferenciar los tres tipos de coberturas, debido a que se pueden encontrar valores similares con especies diferentes.

La presencia de *Hedyosmum bonplandianum* en el relicto de bosque sugiere la posibilidad de que a pesar de muchas especies exóticas, aun después de los disturbios, prevalecen especies nativas que facilitan los procesos de sucesión vegetal y así contribuir a la recuperación del bosque subandino.

La presencia de *Eucalyptus globulus* en la plantación causa posibles efectos negativos a nivel de suelo, agua y vegetación, debido a la afectación a los procesos propios del ecosistema, lo cual impide el crecimiento y la competencia de especies nativas del bosque.

Actividades como el pastoreo pueden impedir el desarrollo de plantas leñosas, debido a que estas se caracterizan por presentar un rápido crecimiento y una talla elevada, lo que facilita el proceso de forrajeo.

Los síndromes de dispersión presentes en las áreas de estudio fueron la zoocoria y la anemocoria, debido a las estrategias de la vegetación para llevar a cabo su reproducción, dispersión y establecimiento. Igualmente, la colonización de especies gramíneas en el pastizal se asocia a síndromes de dispersión anemocora, al ser coberturas particularmente abiertas que facilitan el traslado de semillas principalmente de especies herbáceas por el viento.

La presencia de especies nativas como *Hedyosmum bonplandianum*, *Miconia theaezans* y *Vismia guianensis* podría sugerir que estas sirven como punto de partida en un estado inicial de la sucesión; sin embargo, el registro de especies exóticas tendería a promover relaciones de competencia, donde las primeras se ven seriamente afectadas desviando dicho proceso.

La identificación de atributos de plantas con características favorables para la colonización y establecimiento durante el proceso de regeneración del bosque subandino en plantaciones y pastizales podría tener implicaciones en el desarrollo de estrategias de restauración. Lo anterior se debe a su importancia como herramienta útil en dar claridad sobre su capacidad como precursoras de la sucesión en los estados iniciales.

## Referencias

- Alcaldía Municipal de San Bernardo. (2010). *Plan de contingencia para fenómenos de remoción en masa en temporadas de lluvias en el municipio de San Bernardo Cundinamarca*. Cundinamarca: autor.
- Arias, M. y Barrera, J. (2007). Caracterización florística y estructura de la vegetación vascular en áreas con diferente condición de abandono en la cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá. *Revista Universitas Scientiarum*, 12(2), 25-45.

- Arias, S., Madanes, N. y Quintana, R. (2003). Estructura y composición de la vegetación en vizcacheras activas e inactivas en el delta del Paraná. *Revista Mastozoología Neotropical*, 10(1), 9-20.
- Ariza, W., Toro, J. y Lores, A. (2008). Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 12(1), 81-102.
- Barrera, J., Contreras, S., Garzón, N., Moreno, A. y Montoya, P. (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)-Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).
- Begón, M., Harper, J. y Townsend, C. (1999). *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades* (3<sup>a</sup> ed.). Barcelona: Ediciones Omega.
- Beltrán, E. (2012). *Evaluación de matorrales y bancos de semillas en invasiones de Ulex europaeus con diferente edad de invasión al sur de Bogotá D.C.-Colombia*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.
- Bohórquez, A., Sanín, D. y Silva, N. (2011). Estructura y composición arbórea de los bosques del diablo (San Félix, Salamina, Caldas), selva altoandina de la cordillera Central colombiana. *Boletín Científico. Centro de Museos de Historia Natural*, 16(2), 39-52.
- Borda, M. y Vargas, O. (2011). Caracterización del banco de semillas germinable de plantaciones de pinos (*Pinus patula*) y claros en regeneración natural (alrededores del embalse de Chisacá, Bogotá-localidad de Usme-bosque altoandino). En O. Vargas y S. P. Reyes, *La restauración ecológica en la práctica: memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica & II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración* (pp. 456-473). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Brown, D. (1992). Estimating the composition of a forest seed bank: A comparison of thes seed extraction and seedlink emergence methods. *Canadian Journal of Botany*, 70, 1603-1612.
- Brewer, J. y Menzel, T. (2009). Métodos para la evaluación de los resultados de la restauración cuando no existen sitios de referencia. *Restoration Ecology*, 17(1), 4-11.
- Bustamante, R. y Grez, A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ciencias y Ambiente*, 9(2), 58-63.
- Cantillo, E., Lozada, A. y Pinzón, J. (2008). *Caracterización sucesional para la restauración de la reserva forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca)*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Cantillo, E., Castiblanco, V., Pinilla, D. y Alvarado, C. (2008). Caracterización y valoración del potencial de regeneración del banco de semillas germinable de la reserva forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca). *Revista Colombia Forestal*, (11), 45-70.

- Cantillo, H. y Rangel, C. (2011). *La estructura y riqueza de los bosques del Macizo de Sumapaz. Colombia diversidad Biótica XI: 178 Patrones de la estructura y riqueza de la vegetación en Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales.
- Cavelier, J., Lizcaíno, D. y Pulido, M. (2001). *Bosques nublados del neotrópico*. Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Cottam, G. (1949). The psytosociology of an oak wood in south-western Wisconsin. *Ecology*, 30, 271-278.
- Cuatrecasas, J. (1934). *Observaciones geobotánicas en Colombia*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- Debouck, D. y Libreros, D. (s. f.). Neotropical montane forest: A fragile home of genetic resources of wild relatives of new world crops. In S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forero y J. L. Luteyn (Eds.), *Biodiversity and conservation of neotropical montane forest*. New York: Botanical Garden.
- Díaz, D., Pérez, N., Harguindeguy, D. y Cabido, M. (2002). ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 37(17), 135-140.
- Ellenberg, H. (1982). *Die vegetation mitteleuropas for Alpen (3rd ed.)* Ulmer, Stuttgart. West Germany (Tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba-Bolivia.
- Fernández, E. (1999). *Estudio fitosociológico de los bosques de Kewiña (Polylepis spp., ROSACEAE) en la cordillera de Cochabamba* (Tesis de licenciatura). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Fleming, T., Bridtisch, R. y Whitesides, G. (1987). Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18, 91-108.
- Fonseca, T. (2001). *Dinámica de la dispersión de semillas por aves en un pastizal con perchas artificiales en comunidades de vegetación altoandina* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Franco, P. y Betancur, J. (1997). Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldasia*, 10(2), 205-234.
- Gentry, A. (1982). Patterns of neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology*, 15, 1-84.
- García, C., Suárez, C. y Daza, M. (2010). Estructura y diversidad florística de dos bosques naturales (Cauca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(1), 74-82.

- Howe, H. y Smallwood, J. (1982). Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201-208.
- Jaimes, V. y Rivera, D. (1991). Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia). *Arbelaezia*, 3(9), 3-35.
- Kershaw, K. (1975). *Quantitative and dynamic plant ecology* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Edward Arnold Publishers.
- Magurran, A. (1989). *Diversidad ecológica y su medición*. Barcelona: Ediciones Vedra.
- Matteucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Medina, R., Herrera, E., Ávila, F., Chaparro, O. y Cortés, R. (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la cuchilla la fara (Santander-Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13(1), 55-85.
- Montenegro, A. y Vargas, O. (2005). Estrategias de regeneración del banco de semillas en una comunidad de bosque altoandino secundario. En A. Bonilla, *Estrategias adaptativas de planta de páramo y del bosque altoandino en la cordillera oriental de Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional, Unibiblos.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz de la Sierra: Editora El País.
- Müeller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: Sons, Inc.
- Ojeda, E. y Rodríguez, L. (2008). *Flora y fauna terrestre invasora en la Macaronesia. TOP 100 en azores, madeira y canarias*. Ponta Delgada: Arena.
- Ortega, F. (2003). La etnobotánica de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn en Venezuela y sus posibles riesgos asociados de carcinogenesis. Programa de Recursos Naturales, Mesa de Cavacas 3323, Estado Portuguesa, Venezuela. *MedULA*, 2(3), 51-56.
- Páramo, G. (2003). Composición heterogeneidad espacial y conectividad de paisajes de las áreas rurales del distrito capital de Bogotá, Colombia. *Pérez Arbelaezia*, (14), 25-71.
- Ramírez, A. (1999). *Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

- Ramírez, A. (2006). *Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rangel, O. y Velásquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En J. Rangel, P. Lowy, y M. Aguilar (Eds.), *Colombia, diversidad biótica II. Tipos de vegetación en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Ministerio del Medio Ambiente.
- Reina, M., Medina, R., Ávila, F., Ángel, S. y Cortés, R. (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la reserva biológica Cachalú, Santander (Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13(1), 27-54.
- Reiné, R. y Chocarro, C. (1995). Distribución espacial de la vegetación y del banco de semillas del suelo en una comunidad pretense del Pirineo Central. *Plant Ecology*, 25(2), 217-231.
- Rodríguez, R. y Monsalve, D. (2013). *Caracterización estructural y patrón de riqueza de un bosque andino ubicado en la vereda Catalamonte, municipio de Tena, Cundinamarca, Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México D. F.: Editorial Limusa.
- Samo, A., Garmendia, A. y Delgado, J. (2008). *Introducción práctica a la ecología*. España: Pearson Education.
- Sánchez, E. D., Sanz, M., Vivas, S. y Sobrino, E. (2005). *Especies vegetales invasoras en Andalucía*. Andalucía: Dirección General de la Red de Espacios Naturales Protegidos y Servicios Ambientales, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Sanín, D. y Duque, C. (2006). Estructura y composición florística de dos transectos localizados en la reserva forestal protectora río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia). *Boletín Científico- Centro de Museos-Museo de Historia Natural*, 10, 45-75.
- Sicard, L. y Suárez, A. (1998). *Efectos de plantaciones forestales sobre suelo y agua. Serie Técnica*. Bogotá: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Conif).
- Skolmen, R. y Ledig, F. (1983). *Eucalyptus globulus Labill. Bluegum Eucalyptus*. 1990. In R. M. Burns y B. H. Honkala (Coords.), *Proceedings of a workshop on eucalyptus in California*. Sacramento, CA: Gen. Tech. Rep.
- Stuessy, T. (1990). *Plant taxonomy*. New York: Columbia University Press.

- Tinoco, F., Barragan, B. y Esquivel, H. (2014). Efecto del tamaño en la estructura, composición y diversidad de bosques premontanos en la cuenca del Rionegro-Cundinamarca. *Revista Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia*, 26, 49-58.
- Van Der Hammen, T. y Hooghiemstra, H. (2001). Historia y paleoecología de los bosques montanos andinos neotropicales. En M. Kappelle y A. D. Brown (Eds.), *Bosques nublados del neotrópico*. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).
- Vargas, O., Premauer, J. y Cárdenas, C. (2002). Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. *Ecotrópicos*, 15(1), 35-50.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá: Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

## Anexos

### Anexo 1. Composición de especies en el relicito de bosque

No	Especie	UNIDAD RELICTO DE BOSQUE																			TOTAL											
		1	1.1	1.2	1.3	1.4	2	2.1	2.2	2.3	2.4	3	3.1	3.2	3.3	3.4	4	4.1	4.2	4.3	4.4	5	5.1	5.2	5.3	5.4	6	6.1	6.2	6.3	6.4	
1	<i>Acmena oppositifolia</i>	X					X															X	X								4	
2	<i>Baccharis latifolia</i>						X																X								2	
3	<i>Chromolaena scabra</i>									X														X							2	
4	<i>Cordia cylindrostachya</i>	X								X							X							X							4	
5	<i>Cuphea sp</i>	X																													1	
6	<i>Cyathia caracasana</i>	X					X										X														3	
7	<i>Cyperaceae</i>	X																													1	
8	<i>Ficus cuatrecasiana</i>						X																								1	
9	<i>Fraxinus chinensis</i>									X																					1	
10	<i>Hedysomum bonplandianum</i>	X	X	X	X				X	X		X	X	X										X	X	X	X		13			
11	<i>Holcus lanatus</i>								X			X	X			X														1		
12	<i>Hydrocotyle bonplandii</i>	X								X							X							X	X					9		
13	<i>Juncus effusus</i>						X																								1	
14	<i>Kyllinga odorata</i>	X																													1	
15	<i>Meranina petita</i>					X																									1	
16	<i>Miconia rheaezans</i>	X				X			X	X						X	X							X						10		
17	<i>Morfo 30</i>	X		X																											2	
18	<i>Oxalis acetosella</i>																X														1	
19	<i>Panicum sp</i>			X													X	X						X						4		
20	<i>Philodendron sp</i>					X																									1	
21	<i>Pennisetum clandestinum</i>	X		X	X	X	X					X	X	X																10		
22	<i>Persicaria nepalensis</i>											X																			2	
23	<i>Piper tuberculatum</i>						X																X								2	
24	<i>Plantago albicans</i>	X																													1	
25	<i>Poaceae 1</i>						X					X																			3	
26	<i>Pteridium aquilinum</i>	X	X	X	X				X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X								16			
27	<i>Rhynchospora nervosa</i>	X							X																						2	
28	<i>Rumex crispus</i>					X																									1	
29	<i>Tribuchina bipinnicellata</i>																						X								2	
30	<i>Solannum scorpioides</i>	X				X						X																			4	
31	<i>Vismia guianensis</i>	X			X							X					X						X								6	
TOTAL ESPECIES		6	8	2	2	3	9	2	2	5	1	6	2	2	4	3	6	3	2	1	3	3	2	4	3	6	3	2	5	3		
Promedio especies							4,2					3,8					3,4						3									3,8

No	Especie	UNIDAD PLANTACIÓN																			4	
		1	1.1	1.2	1.3	1.4	2	2.1	2.2	2.3	2.4	3	3.1	3.2	3.3	3.4	4	4.1	4.2	4.3	4.4	
1	<i>Eucalyptus globulus</i>	X			X	X	X															
2	<i>Lepidaploa canescens</i>									X	X											
3	<i>Magnolia caricifragans</i>								X													
4	<i>Miconia cundinamarcensis</i>					X																
5	<i>Munnozia senecionidis</i>	X										X	X				X	X	X	X		
6	<i>Pteridium aquilinum</i>	X	X	X				X	X	X		X				X	X	X	X	X	X	
TOTAL ESPECIES		3	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1	2	1
Promedio especies																						

No	Especie	UNIDAD PASTIZAL								TOTAL
		1	2	3	4	1	2	3	4	
1	<i>Acmena oppositifolia</i>	X	X			X				X
2	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	X	X			X	X	X	X	5
3	<i>Cuphea sp</i>	X	X		X					7
4	<i>Digitaria sanguinalis</i>	X	X	X		X	X	X	X	11
5	<i>Elephantopus sp</i>	X						X	X	3
6	<i>Equisetum sp</i>							X	X	1
7	<i>Gnaphalium americanum</i>	X								1
8	<i>Holcus lanatus</i>	X				X	X			8
9	<i>Hydrocotyle bonplandii</i>	X	X			X	X	X	X	4
10	<i>Kyllinga odorata</i>				X			X	X	5
11	<i>Morfo 24</i>		X							8
12	<i>Oxalis acetosella</i>	X	X			X				5
13	<i>Panicum sp</i>	X			X	X				2
14	<i>Pennisetum clandestinum</i>			X	X			X	X	1
15	<i>Persicaria nepalensis</i>	X		X	X	X				2
16	<i>Plantago albicans</i>	X				X				8
17	<i>Poaceae 1</i>				X					4
18	<i>Poaceae 2</i>								X	1
19	<i>Pteridium aquilinum</i>		X				X			3
20	<i>Rhynchospora nervosa</i>	X	X			X	X	X	X	5
21	<i>Rumex crispus</i>	X		X	X	X				5
22	<i>Stachys bogotensis</i>	X								5
23	<i>Stellaria sp</i>	X								5
24	<i>Tibouchina lepidota</i>	X						X	X	5
25	<i>Trifolium repens</i>	X	X					X	X	5
TOTAL ESPECIES		5	9	7	4	6	3	4	5	6
		7,75				5,75			3,25	5,25
										5,5
Promedio especies										

## Anexo 2. Atributos de las especies

Familia	Especie	Hábito	Origen	Método de dispersión	Ciclo de vida	Filotaxia/disposición	Potencial invasor	Tipo De reproducción
Araceae	<i>Philodendron</i> sp. Schott	Arbustivo	Nativo	Sin determinar	Perennes	Hojas simples, enteras a profundamente lobuladas, alternas, helicoidales, sin estípula, pecíolos succulentos y basalmemente envainados.	No	Vegetativa por esquejes.
Araliaceae	<i>Hydrocotyle bontandii</i> A. Rich.	Herbáceo	Nativo	Anemócora	Anuales	Hojas simples, alternas, lobuladas, con pecíolos delgados, no peltados, con estípulas cóncavas y enteras.	No	Sexual por semillas y asexual por piezas del tallo
Asteraceae	<i>Acnella oppositifolia</i> (Lam.) R. K. Jansen	Herbáceo	Nativo	Anemócora	Perennes	Hojas simples, opuestas, dentadas y usualmente con pubescencia.	No	Sexual
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Arbustivo	Nativo	Anemócora	Anuales	Hojas simples, alternas espiraladas, venación trinervia, margen generalmente aserrado.	No	Sexual
Asteraceae	<i>Chromolaena scabra</i> (L. f.) R. M. King & H. Rob.	Arbustivo	Nativo	Anemócora	Perennes	Hojas simples, opuestas, haz lisa, nítida u opaca, cubierta por indumento escabroso, envés cubierto por indumento piloso largo y denso.	No	Sexual

Asteraceae	<i>Lepidaploa canescens</i> (Kunth) H. Rob.	Arbusto	Nativo	Anemócora	Anuales/ perennes	Hojas simples, alternas, usualmente elípticas, sésiles o pecioladas, venación pinnada.	No	Sexual
Asteraceae	<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	Arbusto	Nativo	Anemócora	Perennes	Hojas simples, opuestas, decusadas y pecioladas, lámina sagitada, base hastada con dos lóbulos triangulares, ápice acuminado, margen regularmente denta- do, hojas membraná- ceas, trinervias, envés blanquecino y densa- mente pubescente.	No	Sexual
Boraginaceae	<i>Cordia cylindrostachya</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult.	Arbóreo	Nativo	Sin determinar	Sin determi- nar	Hojas simples, alternas, helicoida- les, lámina elíptica, margen entero, ner- viación pronunciada y asperas al tacto en el haz.	No	Sexual
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum bonplandianum</i> Kunth	Arbóreo	Nativo	Sin determi- nar	Anuales	Hojas simples, opues- tas decusadas,	No	Sexual
Cyatheaceae	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	Arbóreo	Nativo	Sin determi- nar	Perennes	Hojas bipinnadas y con pinas disticas, y espinas negras.	No	Sexual y vegeta- tiva, por brotes de los retoños.
Cyperaceae	<i>Kyllinga odorata</i> Vahl	Herbáceo	Nativo	Sin determi- nar	Anuales/ Perennes	Hojas con lámi- nas presentes con márgenes y quillas escabriúsculos.	No	Sexual

Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Bocckeler	Herbáceo	Nativo	Anemocora	Perennes	Hojas con láminas lineares, planas, dobladas o acanaladas	No	Sexual
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Exótico	Exótico	Anemocora	Perennes	Frondas grandes de hasta 2 m con láminas tri o cuatripinnadas con pinnas ovoides y glabras en el haz, mientras en el envés son muy pilosas.	Sí, altamente invasiva.	Sexual
Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Pers.	Arbóreo	Nativo	Zoocora	Sin determinar	Hojas simples, opuestas, borde entero, envés cubierto con una pubescencia ferruginea, estrellada y densa	No	Sexual
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i> L.	Arbustivo	Exótico	Anemocora y zoocora	Perennes	Vainas simples que circundan el tallo en la parte inferior.	No	Sexual
Lamiaceae	<i>Stachys bogotensis</i> Kunth	Herbáceo	Nativo	Sin determinar	Perennes	Hojas simples, opuestas, generalmente pecioladas de margen dentado.	No	Sexual
Melastomataceae	<i>Meriania peltata</i> L. Uribe	Arbóreo	Nativo	Zoocora	Perennes	Hojas simples, peltadas, opuestas decusadas, venación acrodroma.	No	Sexual
Melastomataceae	<i>Miconia cundinamarcensis</i>	Arbustivo	Nativo	Zoocora	Perennes	Hojas simples, opuestas, decusadas con venación curvilinearía.	No	Sexual

Melastomataceae	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	Arbóreo	Nativo	Zoocora	Perennes	Hojas simples, opuestas, curvivierias, glabras, lanceoladas, 3 venas principales.	No	Sexual
Melastomataceae	<i>Tibouchina bipinnicillata</i> (Naudin) Cogn.	Arbustivo	Nativo	Anemócora	Perennes	Hojas simples, opuestas, láminas lanceoladas, haz con abundantes pelos rectos, envés con pubescencia.	No	Sexual
Moraceae	<i>Ficus cuatrecasana</i> Dugand	Arbóreo	Nativo	Zoocora	Perennes	Hojas simples, alternas espiraladas, margen entero, base cordada, con estípulas terminales y ampliicaulas.	No	Sexual
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Arbóreo	Exótico	Anemócora y zoocora	Perennes	Hojas simples, opuestas (hojas jóvenes), alternas (hojas adultas), agrupadas en los extremos de las ramillas.	Considerada una especie invasiva para las áreas de humedales de Bogotá.	Sexual
Oleaceae	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Arbóreo	Exótico	Anemócora	Perennes	Hojas compuestas, opuestas, decusadas, margen aserrado.	No	Sexual
Oxalidaceae	<i>Oxalis acetosella</i> L.	Herbáceo	Nativo	Sin determinar	Anuales/ perennes	Hojas compuestas, trifolioladas, alternas, helicoidales, con estípulas libres.	No	Sexual

Piperaceae	<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	Arbóreo	Nativo	Anemócora y zoocora	Perennes	Hojas simples, alternas y espiraladas, usualmente pequeñas, obtusas a redondeadas, con base desigual, con estípulas terminales envolventes.	No	Sexual
Plantaginaceae	<i>Plantago albidans</i> L.	Herbáceo	Nativo	Zoocora	Anuales/ perennes	Hojas basales, arrosetadas, de nervaduras aparentemente paralelas y base con frecuencia envainante.	No	Vegetativa
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	Herbáceo	Exótico		Perennes	Lámina enrollada en estado juvenil con lígulas largas y agudas.	No	Sexual
Poaceae	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Herbáceo	Exótico	Anemócora	Anuales/ Perennes	Panoja erecta de 5-15 cm con 4-8 ráculos espiciformes digitados. Espiguillas lancoladas, apareadas, de 2,8 a 3,3 cm	Sí	Sexual

Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. Ex Chiov.	Herbáceo	Exótico	Anemócora	Perennes	Hojas glabras o con pelos, vainas espaciadamente vilosas en el envés, con márgenes membranosos y secos.	Sí	Vegetativa
Polygonaceae	<i>Persicaria nepalensis</i> (Meisn.) Miyabe	Herbáceo	Exótico	Zoocora	Anuales	Hojas simples, alternas, helicoidales de forma más o menos romboide, margen entero, base cordada hasta ampliamente, con estípulas ócreas.	Sí	Sexual
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i> L.	Herbáceo	Exótico	Anemócora e hidrocora	Perennes	Hojas simples, alternas, las hojas basales con peciolos largos, borde ondulado, hojas superiores reducidas, con estípulas ócreas muy delgadas.	Sí	Sexual
Solanaceae	<i>Solanum scroboideum</i> Rusby	Arbóreo	Nativo	Zoocora	Sin determinar	Hojas simples, alternas, helicoidales, profundamente lobuladas y densamente pubescentes, arbusto espinoso.	No	Sexual

### Anexo 3. Fotografías de las especies



**Familia** Asteraceae  
**Nombre científico** *Acmella oppositifolia*  
**Nombre común** Chisaca/anestesia  
**Origen** Exótica



**Familia** Poaceae  
**Nombre científico** *Anthoxanthum odoratum*  
**Nombre común** Pasto o grama olorosa  
**Origen** Exótico



**Familia** Melastomataceae  
**Nombre científico** *Baccharis latifolia*  
**Nombre común** Chilca  
**Origen** Nativo



**Familia** Asteraceae  
**Nombre científico** *Chromolaena scabra*  
**Nombre común** Jarilla  
**Origen** Nativo



**Familia** Boraginaceae  
**Nombre científico** *Cordia cylindrostachya*  
**Nombre común** Payande bobo/buche  
**Origen** Nativo



**Familia** Cyatheaceae  
**Nombre científico** *Cyathea caracasana*  
**Nombre común** Helecho arbóreo  
**Origen** Nativo



**Familia** Lythraceae  
**Nombre científico** *Cuphea* sp.  
**Nombre común** Cufea/falsa brecina  
**Origen** Nativo



**Familia** Poaceae  
**Nombre científico** *Digitaria sanguinalis*  
**Nombre común** Garrachuelo  
**Origen** Exótico



**Familia** Myrtaceae  
**Nombre científico** *Eucalyptus globulus*  
**Nombre común** Eucalipto  
**Origen** Exótico



**Familia** Asteraceae  
**Nombre científico** *Gnaphalium americanum*  
**Nombre común** Keto  
**Origen** Exótico



**Familia** Chloranthaceae  
**Nombre científico** *Hedyosmum bonplandianum*  
**Nombre común** Granizo/aguacuán  
**Origen** Nativo



**Familia** Poaceae  
**Nombre científico** *Holcus lanatus*  
**Nombre común** Pasto lanudo  
**Origen** Exótica



**Familia** Araliaceae  
**Nombre científico** *Hydrocotyle bonplandii*  
**Nombre común** Oreja de ratón  
**Origen** Nativo



**Familia** Asteraceae  
**Nombre científico** *Lepidaploa canescens*  
**Nombre común** Sacha ocuera  
**Origen** Nativo



**Familia** Magnoliaceae  
**Nombre científico** *Magnolia caricifragans*  
**Nombre común** Magnolio  
**Origen** Nativo



**Familia** Melastomataceae  
**Nombre científico** *Miconia theaezans*  
**Nombre común** Rifari  
**Origen** Nativo



**Familia** Oxalidaceae  
**Nombre científico** *Oxalis acetosella*  
**Nombre común** Trébol del amor/chullco  
**Origen** Exótico



**Familia** Poaceae  
**Nombre científico** *Pennisetum clandestinum*  
**Nombre común** Kikuyo  
**Origen** Exótico



**Familia** Polygonaceae  
**Nombre científico** *Persicaria nepalensis*  
**Nombre común** Barbasco mataganado  
**Origen** Exótico



**Familia** Dennstaedtiaceae  
**Nombre científico** *Pteridium aquilinum*  
**Nombre común** Helecho marranero  
**Origen** Exótico



**Familia** Araceae  
**Nombre científico** *Philodendron* sp.  
**Nombre común** Filodendro/rascadera  
**Origen** Nativo



**Familia** Cyperaceae  
**Nombre científico** *Rhynchospora nervosa*  
**Nombre común** Yerba de estrella/tote  
**Origen** Exótica



**Familia** Polygonaceae  
**Nombre científico** *Rumex crispus*  
**Nombre común** Lengua de vaca  
**Origen** Exótica



**Familia** Solanaceae  
**Nombre científico** *Solanum scorpioideum*  
**Nombre común** Peria compacta  
**Origen** Nativo



**Familia** Lamiaceae

**Nombre científico** *Stachys bogotensis*

**Nombre común** Oreja de liebre

**Origen** Nativo



**Familia** Melastomataceae

**Nombre científico** *Tibouchina lepidota*

**Nombre común** Siete cueros/mayo

**Origen** Nativo



**Familia** Leguminosa

**Nombre científico** *Trifolium repens*

**Nombre común** Trébol

**Origen** Exótico



**Familia** Hypericaceae

**Nombre científico** *Vismia guianensis*

**Nombre común** Lancilla, puntelanza

**Origen** Nativo



# **Capítulo 3. Banco de semillas germinable en áreas disturbadas de bosque subandino**

NATHALIA BAQUERO MACÍAS

ANA MARÍA ROMERO LÓPEZ

HÉCTOR EDWIN BELTRÁN-GUTIÉRREZ

## **Introducción**

Un banco de semillas es una agregación de semillas que aún no germinan y suelen estar con y sobre el suelo o asociadas a la hojarasca; potencialmente, son capaces de establecerse y formar parte de la vegetación en pie (Simpson, 1989; Baker, 1989). Las semillas que lo constituyen forman una población con “memoria” de las condiciones selectivas que predominaron en el pasado así como las condiciones más recientes (Baker, 1989). Es considerado un conjunto dinámico, ya que existe un flujo continuo de aportes y pérdidas de semillas, que le confiere una dimensión espacial (Piudo y Cavero, 2005; Beltrán, 2012). Esta agregación o reserva de semillas viables y latentes asegura que las especies van a estar en el lugar y tiempo indicado cuando se presente la oportunidad para su germinación (Simpson, 1989; Cardona y Vargas, 2004), lo que da inicio al proceso de sucesión vegetal y proporciona una herramienta para la restauración ecológica; además, los bancos de semillas juegan un papel importante en el mantenimiento de la vegetación y creación de hábitats (Cardona y Vargas, 2004; Cantillo *et al.*, 2008).

Los bancos de semillas desempeñan un papel crucial debido a que pueden conferir estabilidad y persistencia de los ecosistemas a largo plazo; igualmente, su estructura se ve favorecida por la presencia y producción de las especies de la comunidad vegetal anterior y presente, así como de la longevidad de las semillas en las condiciones locales (López *et al.*, 2000; Marone, 2004).

Los principales factores que determinan las características de los bancos de semillas son el grado y tipo de perturbación del suelo, el patrón de uso de suelo en áreas adyacentes, el estado del desarrollo de la comunidad vegetal, la presencia de agentes dispersores y las estaciones del año (Garwood, 1989; Dalling, 2002). En este sentido, algunos de los atributos que se pueden identificar en el banco de semillas son la densidad (número de semillas por metro cuadrado), la composición (a nivel taxonómico, longevidad, formas de vida) y la riqueza de especies (Bedoya *et al.*, 2010).

En relación con la densidad, el banco de semillas de los bosques secundarios y terrenos agrícolas abandonados posee una mayor densidad, en relación con el de un bosque primario. Esto se debe a que los bosques secundarios se caracterizan por poseer un mayor número de especies pioneras, recibir un mayor número de semillas aportadas por las arvenses presentes en los campos abiertos que los suelen rodear y, adicionalmente, por el uso dado a la tierra con anterioridad (Quintana *et al.*, 1996).

Los bosques maduros o en estado de sucesión avanzada tienen bancos de semillas pequeños (en densidad y composición), debido a que las semillas de especies tolerantes a la sombra ingresan en una proporción menor y producen un banco de semillas transitorio (Garwood, 1989). En este sentido, los bancos de semillas de los bosques primarios no son herramientas útiles para la conservación de las especies que los componen. Por otra parte, los terrenos con diferentes grados de perturbación pueden presentar bancos de semillas persistentes (Álvarez, 2005). Del mismo modo, el número de especies tiende a ser mayor en los bosques secundarios y terrenos agrícolas abandonados, en comparación con los bosques primarios a nivel de área muestreada (Garwood, 1989), debido a las múltiples fuentes de propágulos que generalmente rodean los primeros.

En relación con la composición, generalmente, puede presentarse predominancia de algunas familias de especies pioneras y arvenses que están presentes en mayor proporción en las diferentes coberturas (Bedoya *et al.*, 2010). Por su parte, el banco de semillas de los bosques secundarios y áreas cultivadas en ocasiones refleja la vegetación en pie (Garwood, 1989); por lo anterior, al avanzar la sucesión vegetal, la similitud entre banco de semillas y vegetación es cada vez menor (Thompson, 2000).

De manera general, las diferencias en el banco de semillas que se presentan entre sitios de un terreno tienden a estar atribuidas a las diferencias en la textura del suelo, historia en el uso del suelo y cambios temporales en la lluvia de semillas. Par-

ticularmente, las diferencias en el interior de un sitio se presentan por la variación entre especies en la lluvia de semillas, las tasas de incorporación o la longevidad de las semillas (Garwood, 1989).

Para realizar la caracterización de semillas en las muestras de suelo, existen dos métodos principales: la emergencia y extracción (Baskin y Baskin, 1998). Ambos poseen ventajas y desventajas. En el método de emergencia, se colocan las muestras de suelo en macetas o platos en invernaderos o ambientes similares; las plántulas que emergen desde el suelo son identificadas y contadas como un estimado de semillas en el banco de semillas. Las ventajas del método son que se sabe que todas semillas detectadas son viables y no se requiere separar las semillas del suelo, esto generalmente es más fácil para la identificación taxonómica de las plantas que de las semillas, y se evita que no se detecten semillas debido a la forma, el tamaño o el color de las semillas (Roberts, 1981; Abella, 2013). Las desventajas son que no todas las semillas van a germinar bajo condiciones de invernadero, las muestras deben ser mantenidas por múltiples meses para permitir que emerja la mayor cantidad de semillas posible, y el espacio en el invernadero y los recursos (como el agua) son requeridos para mantener las muestras.

En el método de extracción, las semillas son separadas del suelo y otras partículas por flotación y otras técnicas, entonces se aíslan y se identifican (Roberts, 1981; Abella, 2013). Las principales ventajas del método son que los resultados pueden ser viables más rápidamente que por el método de emergencia porque el tiempo para que emerjan las plántulas no es necesariamente requerido (Warr, 1993).

Las mayores desventajas son que la extracción y la identificación de la semilla son consideradas laboriosas, la detectabilidad de las semillas no es uniforme a través de las especies (por ejemplo, detectar especies de semillas pequeñas es complicado). Identificar semillas a especies puede ser desafiante y determinar la variabilidad de las semillas no es siempre sencillo (Abella, 2013).

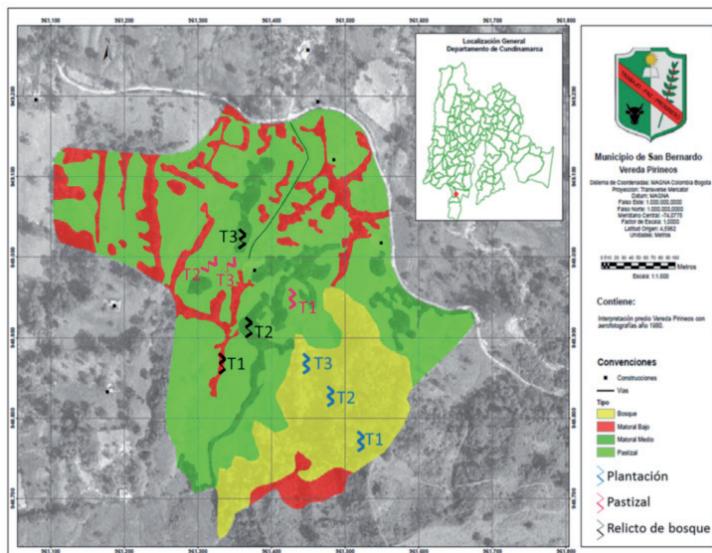
## Métodos

### Diseño de muestreo

Se realizó un muestreo preferencial, lanzando transectos de acuerdo con la cobertura a partir de criterios de los investigadores (Matteucci y Colma, 1982). Además de la interpretación de imágenes, se tuvieron en cuenta algunos criterios en la definición de las coberturas: para el relichto de bosque, se consideraron áreas continuas de vegetación asociadas a cuerpos de agua con remanentes de vegetación nativa; para

la plantación, se definieron sitios con presencia de *Eucalyptus globulus*; por último, para la cobertura de pastizal, se tuvo en cuenta la presencia de vegetación rasante y herbácea asociada a actividad agropecuaria (figura 1).

**Figura 1.** Aerofotografía con las unidades de cobertura del predio Vereda Pirineos, año 1980. Amarillo: bosque; rojo: plantación; verde: pastizal



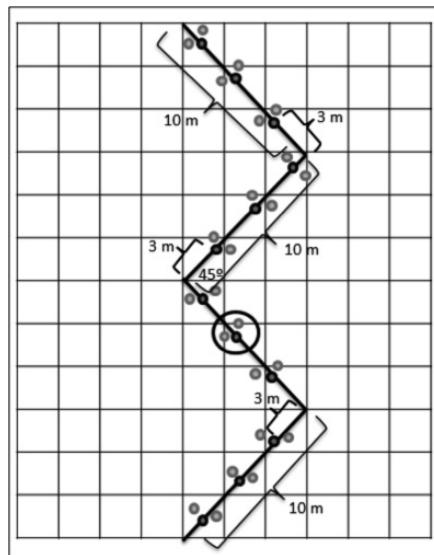
**Fuente:** adaptado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1980).

### *Muestreo de los bancos de semillas*

En cada cobertura, se delimitaron 3 transectos de 40 m de longitud, dispuestos en zigzag, con un ángulo de 45°, divididos en 4 subtransectos de 10 m cada uno. A lo largo de los 40 m, se tomaron muestras por triplicado cada 3 m (Cardona y Vargas, 2004) (figura 2).

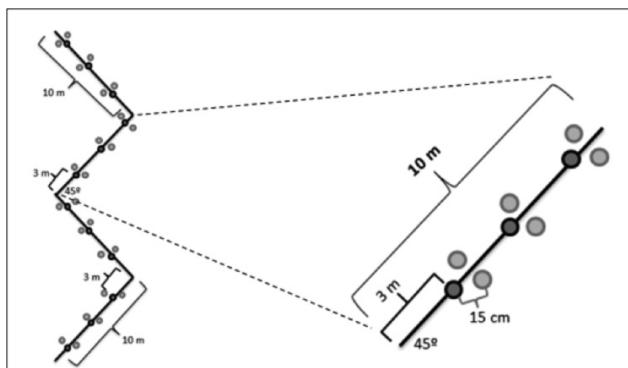
Las muestras de suelo se tomaron con ayuda de un palín, luego de despejar la hojarasca en un área de 10 x 10 cm con el propósito de considerar solo las semillas acumuladas en el banco (Cárdenas *et al.*, 2002; Cardona y Vargas, 2004; Cantillo *et al.*, 2008; Beltrán, 2012). En cada punto (3 m), se tomaron muestras por triplicado con una separación de 15 cm (Cantillo *et al.*, 2008), con ayuda de un dispositivo Shelby de 3" (7,62 cm de diámetro), a una profundidad de 15 cm (figura 3).

**Figura 2.** Esquema con la ubicación de los transectos y puntos de muestreo



**Fuente:** Baquero, Romero y Beltrán (2014).

**Figura 3.** Esquema de la ubicación de los puntos de muestreo y las muestras en un transecto de 10 m



**Fuente:** Baquero, Romero y Beltrán (2014).

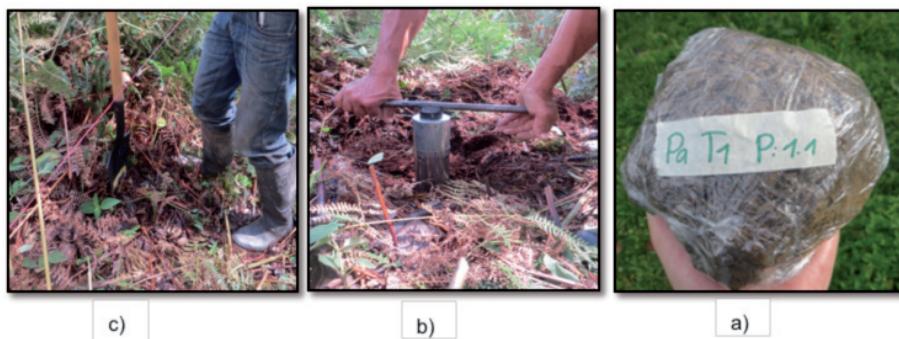
El volumen extraído para cada muestra fue de  $684 \text{ cm}^3$ , para un volumen total en cada punto de  $2052 \text{ cm}^3$ , el cual se encuentra dentro de lo propuesto por otros autores (Jaimes y Rivera, 1991; Cantillo *et al.*, 2008; Beltrán, 2012). Para el cálculo del volumen y área del cilindro, se utilizó la fórmula (Borda y Vargas, 2011; Beltrán, 2012):

$$\begin{aligned}\text{Volumen del cilindro} &= \pi r^2 h \\ &= (3,1416) (3,81 \text{ cm})^2 (15 \text{ cm}) \\ &= 684,0 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Área del cilindro} &= 2\pi r h \\ &= 2 (3,1416) (3,81 \text{ cm}) (15 \text{ cm}) \\ &= 359,08 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Las muestras individuales se cubrieron con vinilpel® y se rotularon con ayuda de cinta de enmascarar con los datos de sitio, número de muestra, transecto y se trasladaron al laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede Macarena B, para su procesamiento (Cardona y Vargas, 2004; Beltrán, 2012) (figura 4).

**Figura 4.** Extracción de muestras de suelo para el análisis del banco: a) descapote del suelo; b) extracción de los bloques de suelo; c) rotulación de las muestras



**Fuente:** Baquero, Romero y Beltrán (2014).

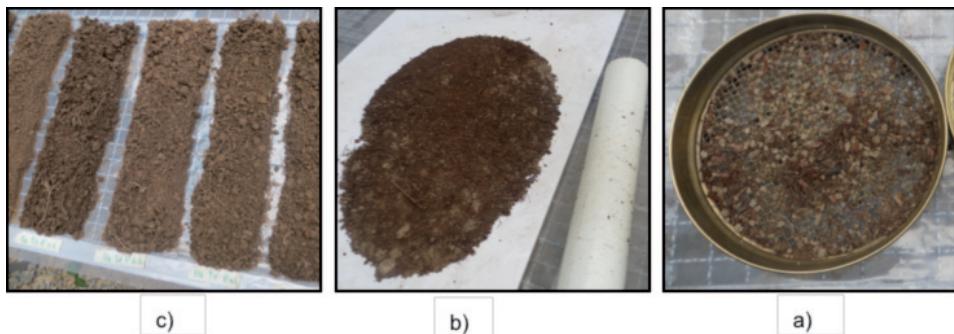
Con ayuda del programa Stimates 6.0, se realizaron curvas de acumulación, con el fin de determinar si el muestreo fue representativo en las tres coberturas (Villareal *et al.*, 2004; Mateucci y Colma, 1982).

### **Procesamiento de las muestras**

Las muestras de suelo se esparcieron sobre una superficie plana a temperatura ambiente con el fin de retirar el exceso de humedad. Cada muestra se homogeneizó cuidadosamente con la ayuda de un tubo de PVC; posteriormente, se pasaron por una serie de tamices con diferentes diámetros de poro (6,3 y 4,0 mm) con el fin de liberarlas de raíces y restos vegetales. Por último, las muestras tamizadas se dispusieron para la prueba de germinación (Cárdenas *et al.*, 2002; Piudo y Cavero, 2005; Beltrán, 2012) (figura 5).

**Figura 5.** Tratamiento de las muestras de suelo en el invernadero:

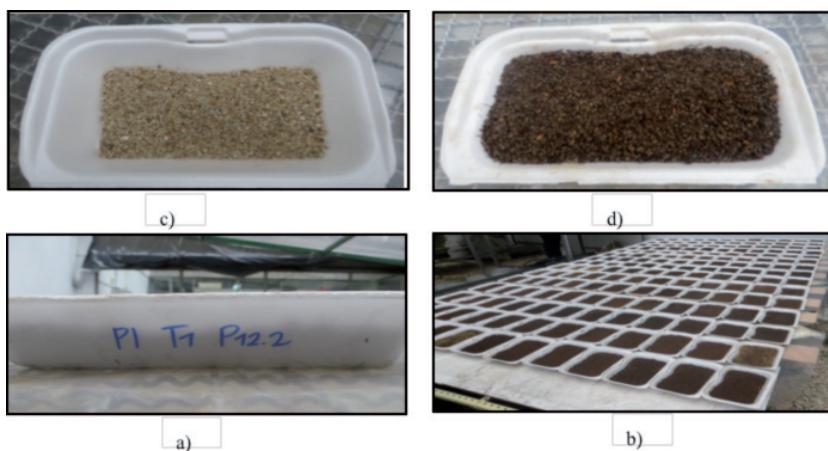
a) secado de muestras; b) homogeneización de muestras; c) tamizaje de muestras



**Fuente:** Baquero, Romero y Beltrán (2014).

Las muestras tamizadas se esparcieron en bandejas de 16 x 31,5 cm, debidamente rotuladas con los datos de unidad de cobertura, transecto, punto de muestreo y fecha de siembra, sobre una capa de 1 cm de vermiculita (Kalamees y Zobel, 1998; Muñoz, 2007; Beltrán, 2012) (figura 6). Las bandejas fueron regadas y revisadas semanalmente, durante un periodo de seis meses (Cardona, 2004).

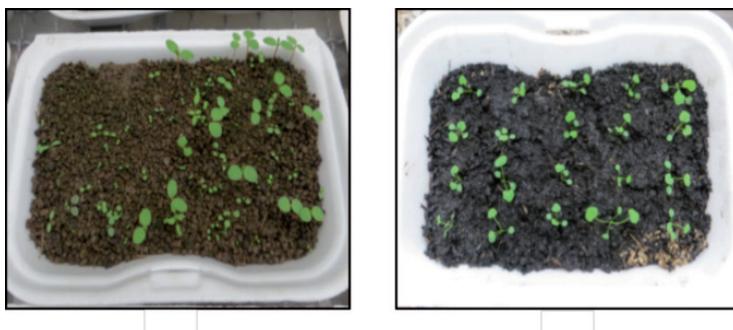
**Figura 6.** Preparación de las muestras de suelo para el seguimiento del proceso de germinación: a) bandeja con la capa inicial de vermiculita; b) distribución de la muestra de suelo sobre la capa de vermiculita; c) bandeja rotulada; d) organización y disposición de las bandejas en el invernadero



**Fuente:** Baquero, Romero y Beltrán (2014).

Luego de la emergencia, las plántulas de cada especie se contaron y removieron con el fin de evitar la competencia entre ellas en las bandejas. Adicionalmente, de cada especie se extrajeron algunos individuos y se pusieron en bandejas independientes para hacer seguimiento de su crecimiento y así realizar la determinación taxonómica respectiva (Cárdenas *et al.*, 2002; Piudo y Cavero, 2005; Beltrán, 2012) (figura 7). Los datos se organizaron en formatos y se sistematizaron en una hoja de Excel®.

**Figura 7.** Germinación de plántulas y trasplante de morfotipos para su seguimiento e identificación: a) banco de semillas activo; b) plántulas de un morfotipo removidas a bandeja individual



**Fuente:** Baquero, Romero y Beltrán (2014).

Una vez los individuos se desarrollaron, se determinaron con ayuda de información secundaria los herbarios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la Universidad Nacional de Colombia, el Jardín Botánico José Celestino Mutis y especialistas botánicos.

### **Tratamiento de los datos**

La diversidad biológica de los bancos de semillas de las diferentes zonas se calculó a través del índice de Shannon y Wiener (diversidad alfa), el cual da preferencia a las especies dominantes y asume que todas las especies están representadas en las muestras (Samo *et al.*, 2008; Beltrán, 2012). Igualmente, se calculó el índice de Simpson que hace referencia a las dominancia de especies en las zonas (Rangel *et al.*, 1997) (tabla 1). El programa estadístico utilizado fue el Past3.

**Tabla 1.** Definición de índices para la estimación de la diversidad alfa

Shannon y Wiener	Dominancia Simpson
$P_i = n_i/N$ $n_i = \text{número de individuos de la especie } i$ $N = \text{número de individuos totales}$	$\lambda = P_i^2$

La diversidad beta se analizó con el índice de Sorensen, el cual relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies, en ambos sitios (Villarreal *et al.*, 2004).

$$A_{jk} = 2a / (2a + b + c)$$

Dónde:

$a$  = afinidad entre zonas  $j$  y  $k$

$a$  = número de especies comunes en  $j$  y  $k$

$b$  = número de especies que están en  $j$  pero no en  $k$

$c$  = número de especies que están en  $k$  pero no en  $j$

Los parámetros guía para evaluar los resultados de afinidad se pueden ver en la tabla 2 (Ramírez, 2006).

**Tabla 2.** Intervalos para evaluar los resultados de afinidad entre comunidades

Afinidad	Comunidades
0 – 0,5	Diferentes
>0,5 – 0,65	Similitud dudosa
>0,65 – 0,8	Semejantes
0,8	Iguales

Con el fin de determinar la relación entre las unidades de cobertura y las especies registradas, se realizó un análisis de correspondencia y se calculó el índice de similitud de Bray-Curtis a partir de los datos de abundancias encontrados, con ayuda del programa estadístico Past3. Igualmente, se realizó un análisis de varianza de una vía (Anova), con el fin de comparar los bancos de semillas entre las unidades de cobertura, con ayuda del programa estadístico R.

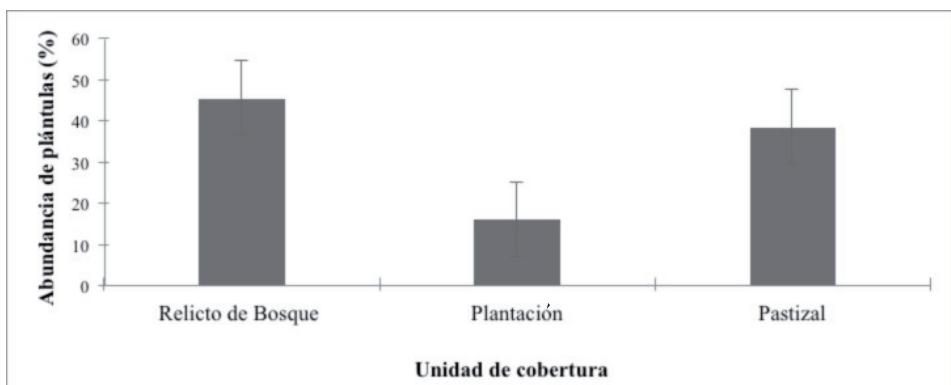
## Resultados

### Composición del banco de semillas germinable

#### Abundancia de plántulas germinadas del banco de semillas germinable

En el relictio de bosque, se registraron 127.343 (45 %) plántulas germinadas/m<sup>2</sup>; en la plantación, 44.678 (15 %) plántulas/m<sup>2</sup>, y en pastizal, 107.747 (38 %) plántulas /m<sup>2</sup> (figura 8).

**Figura 8.** Porcentaje de plántulas germinadas (media ± error típico) en el banco de semillas germinable correspondiente a las tres unidades de cobertura



#### Especies por familia en los bancos de semillas de las tres unidades de cobertura

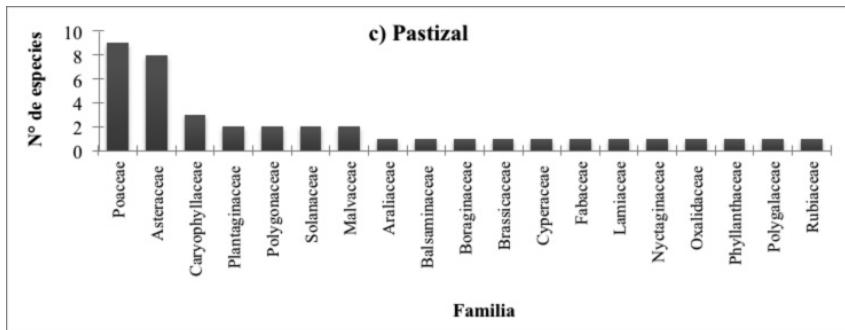
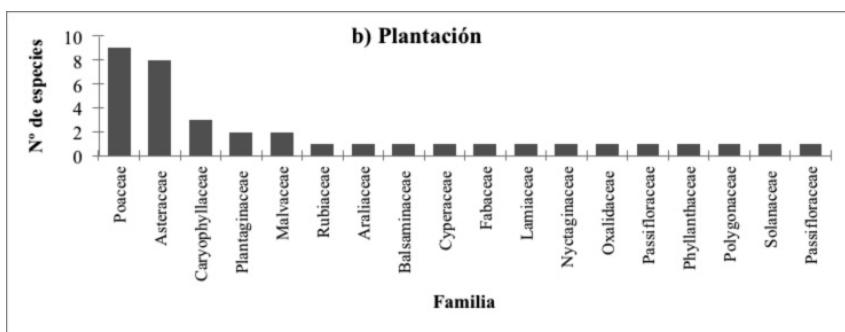
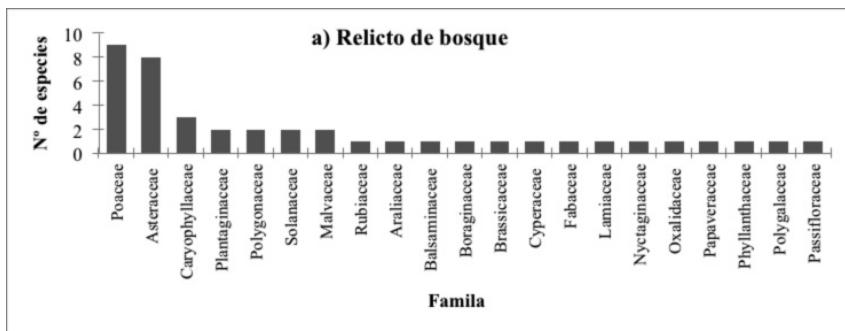
En el relictio de bosque, se registraron 22 familias y 42 especies. Las familias más representativas fueron Poaceae (9 especies), Asteraceae (8 especies), Caryophyllaceae (3 especies), Plantaginaceae, Polygonaceae, Solanaceae y Malvaceae (2 especies cada una). Para el resto de las familias, fueron registradas de a una especie en cada una (figura 9a).

En la plantación, se registraron 18 familias y 36 especies. Las familias más representativas fueron Poaceae (9 especies), Asteraceae (8 especies), Caryophyllaceae (3 especies), Plantaginaceae y Malvaceae (2 especies). Para el resto de las familias, fueron registradas de a una especie en cada una (figura 9b).

El pastizal estuvo compuesto por 20 familias y 40 especies. Las familias más representativas fueron Poaceae (9 especies), Asteraceae (8 especies), Caryophyllaceae (3 especies), Plantaginaceae y Malvaceae (2 especies). Para el resto de las familias, fueron registradas de a una especie en cada una (figura 9c).

llaceae (3 especies), Plantaginaceae, Polygonaceae, Solanaceae y Malvaceae (2 especies cada una). Para el resto de las familias, fueron registradas de a una especie en cada una (figura 9c) (Anexo 1).

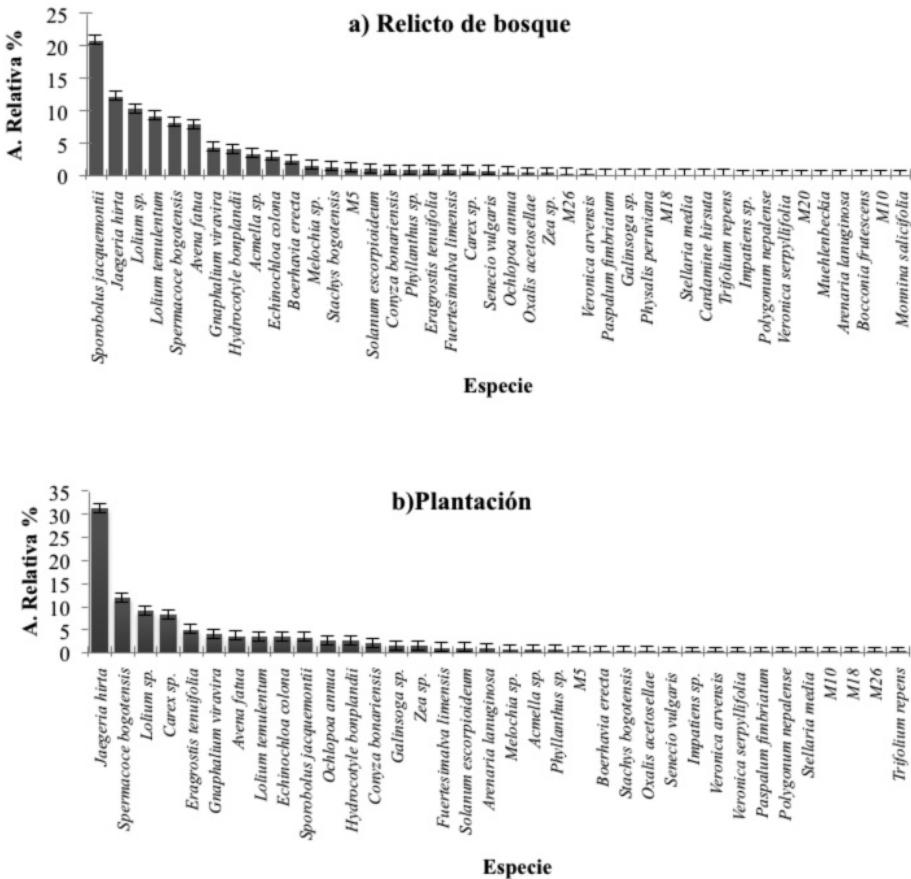
**Figura 9.** Número de especies por familia en los bancos de semillas de las tres unidades de cobertura: a) relictio de bosque; b) plantación; c) pastizal.

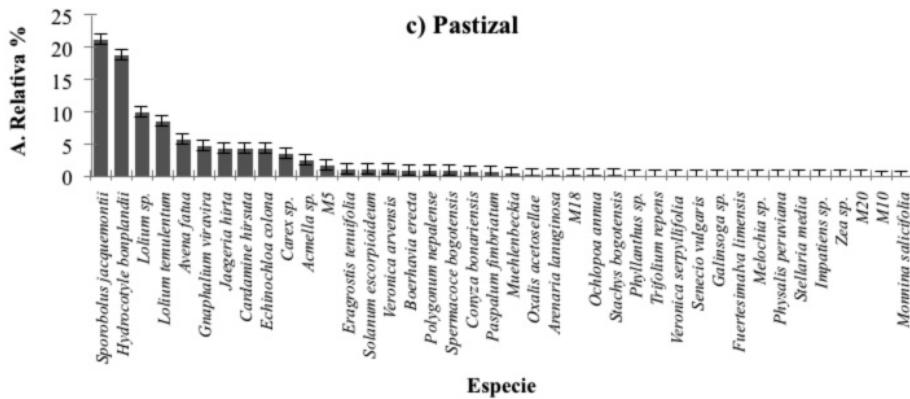


## Abundancia de las especies en el banco de semillas germinable en las tres coberturas

En el relictico de bosque, la mayor abundancia registrada fue para *Sporobolus jacquemontii* (21,33 %), *Jaegeria hirta* (12,42 %), *Lolium sp.* (10,45 %) y *Lolium temulentum* (9,43 %) (figura 10a). En la plantación, las especies con mayor abundancia fueron *Jaegeria hirta* (31,26 %), *Spermacoce bogotensis* (11,84 %), *Lolium sp.* (8,99 %) y *Carex sp.* (8,27 %) (figura 10b). En el pastizal, los mayores valores de abundancia fueron para *Sporobolus jacquemontii* (21,65 %), *Hydrocotyle bonplandii* (19,11 %), *Lolium sp.* (10,08 %) y *Lolium temulentum* (8,72 %) (figura 10c).

**Figura 10.** Abundancia relativa de especies en porcentaje (media ± error típico) en las unidades de cobertura: a) relictico de bosque; b) plantación; c) pastizal



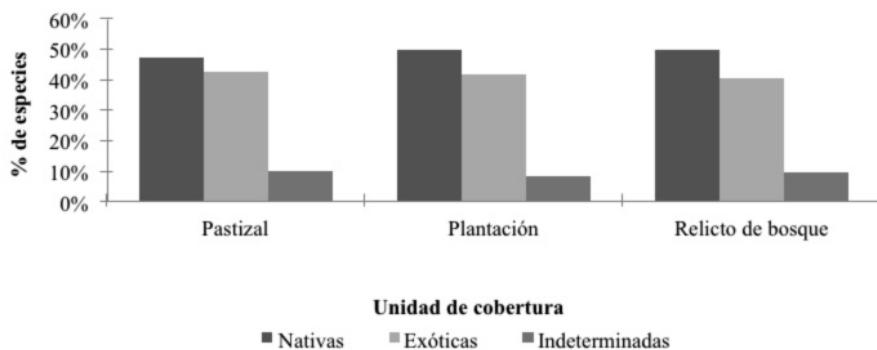


### Atributos de las especies del banco de semillas germinable<sup>1</sup>

#### Especies del banco de semillas germinable de acuerdo con su origen en las coberturas

En el relichto de bosque, se registraron 42 especies, de las cuales 21 (50 %) fueron nativas; 17 (40,5 %), exóticas, y 4 (9,5 %) sin determinar. En la plantación, se registraron 36 especies, de las cuales 18 (50 %) fueron nativas; 15 (41,7 %), exóticas, y 3 (8,3 %) sin determinar. En el pastizal, se registraron 40 especies, de las cuales 19 (47,5 %) fueron nativas; 17 (42,5 %), exóticas, y 4 (10 %) sin determinar (figura 11).

**Figura 11.** Composición de las especies (%) de acuerdo con su origen en las tres unidades de cobertura

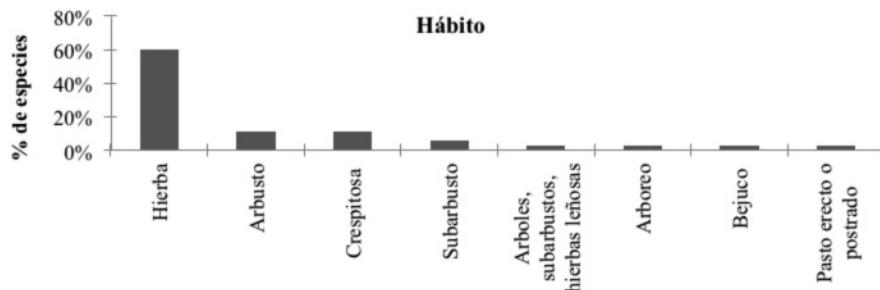


1 Véase Anexo 2.

## Especies de acuerdo con su hábito en el banco de semillas germinable

En las tres coberturas, se registró mayor porcentaje para el hábito herbáceo (60 %), seguido del arbustivo y cespitoso (11 % cada uno), subarbustivo (6 %). Para los demás hábitos, se registraron pocas especies (3 % cada uno) (figura 12).

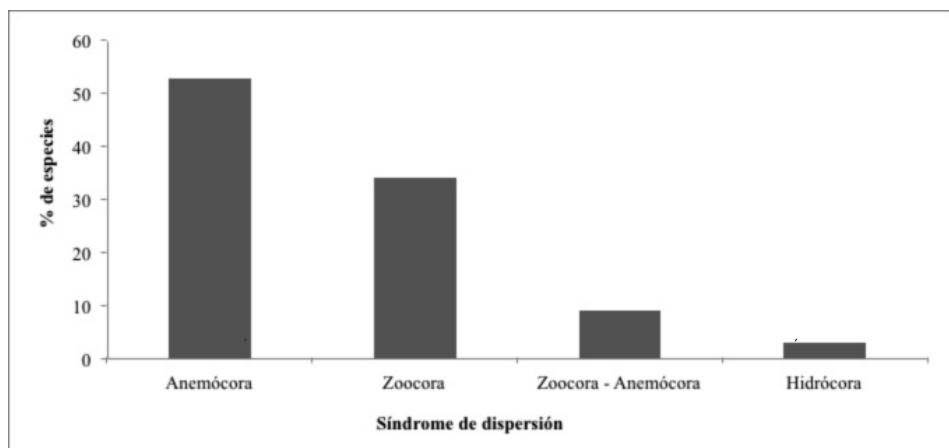
**Figura 12.** Especies de acuerdo con su hábito en el banco de semillas



## Dispersión de las especies en el banco de semillas germinable

El porcentaje más alto se registró para el método de dispersión anemócora (53 %), seguido por zoocora (34 %), zoocora-anemócora (9 %) y finalmente hidrócora (3 %) (figura 13).

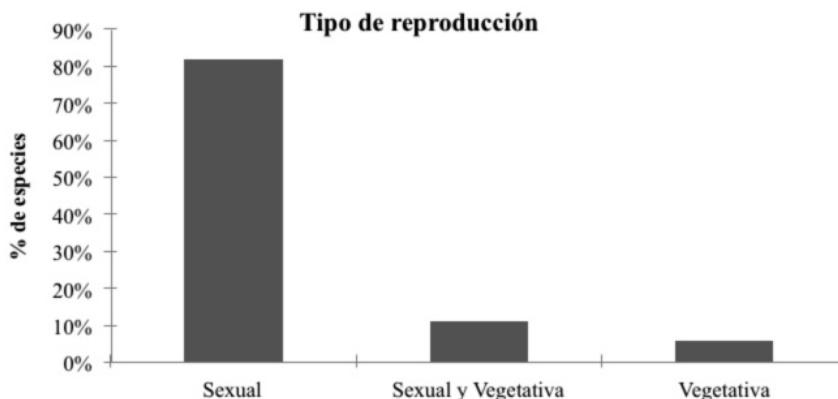
**Figura 13.** Especies de acuerdo con su síndrome de dispersión en el banco de semillas



### *Especies de acuerdo con su tipo de reproducción en el banco de semillas germinable*

En las tres coberturas, se registró el porcentaje más alto para la reproducción sexual (82 %), seguido de la reproducción sexual y vegetativa (11 %) y finalmente de la reproducción vegetativa (6 %) (figura 14).

**Figura 14.** Especies de acuerdo con su tipo de reproducción en el banco de semillas



### Tratamiento de los datos

Los mayores valores de diversidad hallados de Shannon fueron para la unidad de cobertura de relicto de bosque (2,71); seguida por pastizal (2,59) y plantación (2,52) (tabla 3).

**Tabla 3.** Diversidad de Shannon registrada en el banco de semillas para las tres unidades de cobertura

Índice de Shannon				
Unidad de cobertura	Número	Inferior	Media	Superior
Relicto de bosque	42	2,69	2,71	2,73
Pastizal	40	2,57	2,59	2,61
Plantación	36	2,48	2,52	2,55

Para el índice de dominancia de Simpson, los mayores valores encontrados fueron para la unidad de cobertura de relicto de bosque (0,90), seguida por la unidad de cobertura de pastizal (0,88) y plantación (0,86) (tabla 4).

**Tabla 4.** Dominancia de Simpson registrada en el banco de semillas para las tres unidades de cobertura

Índice de Simpson				
Unidad de cobertura	Número	Inferior	Media	Superior
Relicto de bosque	42	0,89	0,90	0,90
Pastizal	40	0,88	0,88	0,89
Plantación	36	0,85	0,86	0,86

De acuerdo con la composición de especies encontradas en las diferentes unidades de cobertura y teniendo en cuenta la tabla 2, el índice de Sorensen indica que las tres unidades son iguales entre sí, ya que presentan gran cantidad de especies en común (tabla 5).

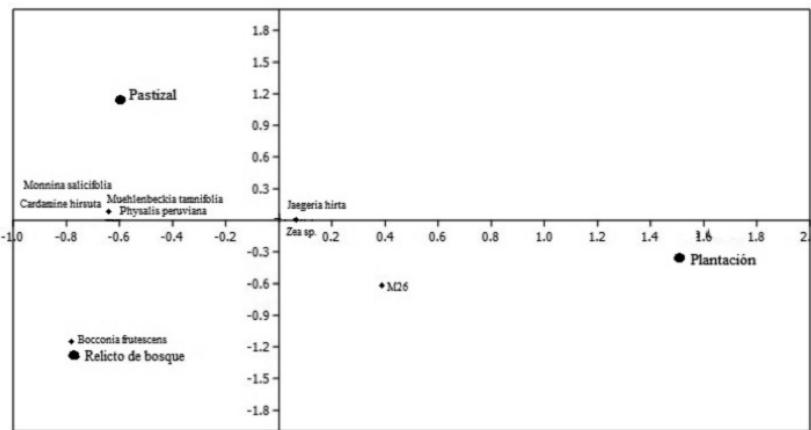
**Tabla 5.** Comparación entre las diferentes unidades para estimar el índice de Sorensen

Comparación relicito de bosque-pastizal		Índice de Sorensen
N.º de especies comunes	41	0,97
N.º de especies que están presentes en relicito de bosque, pero no en pastizal	2	
N.º de especies que están presentes en pastizal, pero no en relicito de bosque	0	
Comparación relicito de bosque-plantación		
N.º de especies comunes	37	0,92
N.º de especies que están presentes en relicito de bosque, pero no en plantación	6	
N.º de especies que están presentes en plantación, pero no en relicito de bosque	0	
Comparación pastizal-plantación		
N.º de especies comunes	36	0,92
N.º de especies que están presentes en plantación, pero no en pastizal	1	
N.º de especies que están presentes en pastizal, pero no en plantación	5	

En cuanto a la riqueza, el análisis de correspondencia indicó que para plantación y relicito de bosque, se presentó *Passiflora* sp. como especie común entre las dos co-

berturas. En el caso del relictico de bosque, se registró la especie *B. frutescens* limitada a esta unidad de cobertura, mientras que las especies *J. hirta* y *Zea* sp. Son comunes para las tres coberturas. Las especies *M. salicifolia*, *M. tamnifolia*, *P. peruviana* y *C. hirsuta* se registraron como especies comunes entre pastizal y relictico de bosque (figura 15).

**Figura 15.** Gráfica del análisis de correspondencia para la riqueza en las tres unidades de cobertura



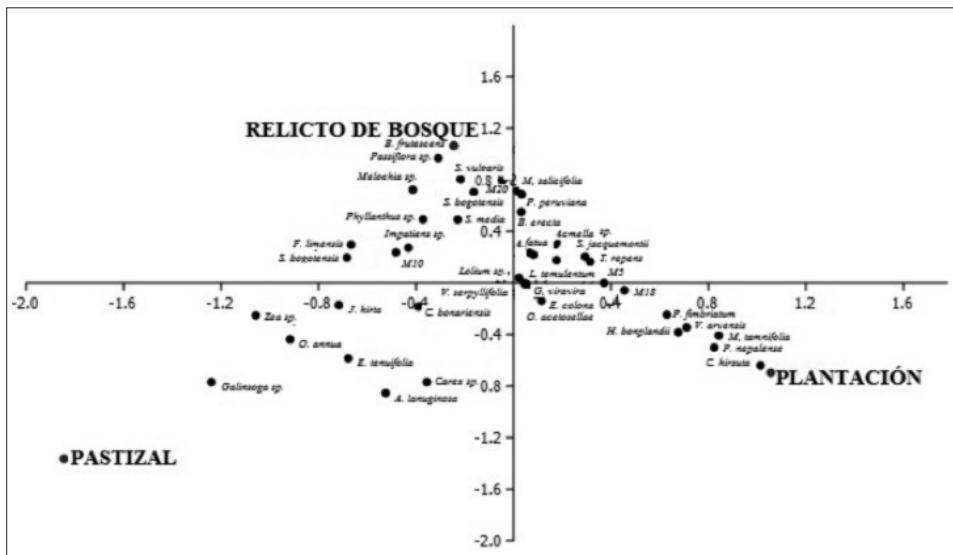
En el caso de la abundancia, las especies que presentaron correlación en cuanto al número de individuos registrados en las tres coberturas fueron principalmente *Lolium* sp., *E. colona*, *L. temulentum* y *G. viravira*. Especies como *T. repens*, *S. jacquemontii*, *Acemella* sp. y *A. fatua* presentan mayor abundancia en el relictico de bosque y plantación.

En el relictico de bosque y pastizal, se presentó mayor abundancia en las especies *C. bonariensis*, *O. annua*, *J. hirta*, *S. bogotensis*, *F. limensis* e *Impatiens* sp.; para la plantación y el pastizal, las especies *O. acetosellae*, *A. lanuginosa*, *Carex* sp. y *H. bonplandii* tienen abundancia similar (figura 16).

Para el caso del relictico de bosque, la especie que presentó mayor abundancia con respecto a las otras coberturas fue *Passiflora* sp., mientras que en la plantación fue *C. hirsuta* y en el pastizal, *Galinsoga* sp. (figura 16).

El análisis estadístico realizado (Anova) indica que la abundancia es diferente entre las tres unidades de cobertura ( $P = 0,00409$ ,  $F = 5,584$ ,  $df = 2$ ) (tabla 6).

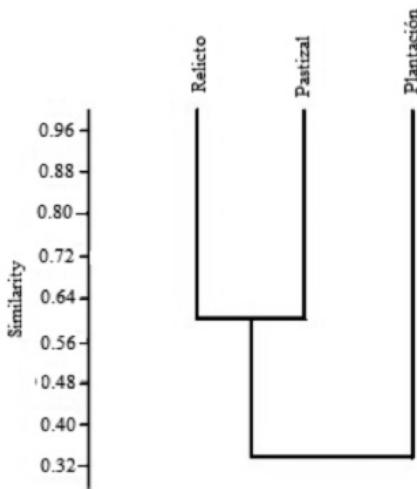
**Figura 16.** Gráfica del análisis de correspondencia para la abundancia de especies



**Tabla 6.** Valores de riqueza del banco de semillas germinable

Unidad de cobertura	Grados de libertad	Media	Desviación estándar	Valor de P
Relicto de bosque	41	1043,80	1935,64	<2e - 16 ***
Plantación	35	369,24	1054,95	0,000234***
Pastizal	39	888,17	1795,24	<2e - 16 ***

El índice de similitud de Bray-Curtis demostró que las unidades de cobertura de relichto de bosque y pastizal se relacionan en un 60 % aprox. Mientras que estas se relacionan con la unidad de plantación en un 34 % aprox. (figura 17).

**Figura 17.** Índice de similitud de Bray-Curtis en las tres unidades de cobertura

## Discusión

Los Andes tropicales se constituyen en una de las ecorregiones prioritarias en el mundo, en la cual se exhiben complejos mosaicos de ecosistemas que son producto de la diversidad climática, geológica, geomorfológica y de suelos. Dentro de estos ecosistemas, se encuentran los bosques subandinos que en Colombia se distribuyen entre los 1050 y 2400 m. s. n. m. y ocupan cerca de 9.500.000 ha, con un área de alrededor 2.750.000 ha de ecosistemas naturales remanentes (Rodríguez *et al.*, 2006; Rudas *et al.*, 2007; Reina *et al.*, 2010).

El bosque subandino ha venido desapareciendo como consecuencia de la implementación de agroecosistemas de pastos y sus asociaciones con vegetación secundaria y cultivos, además de actividades pecuarias, entre otras (Rodríguez *et al.*, 2006; Rudas *et al.*, 2007), las cuales pueden generar la pérdida de especies propias, como *Quercus humboldtii* y otras de los géneros *Alfaroa*, *Weinmannia* y *Clusia*, al igual que la modificación de características como temperaturas (mayores a 12 °C) y precipitaciones medias anuales (Gutiérrez, 1991; Rangel *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 2006; Rudas *et al.*, 2007). Históricamente, los bosques subandinos han sido objeto de una profunda transformación y degradación debido a que se encuentran en las áreas de mayor densidad humana en el país; también, han sido afectados por fenómenos como la deforestación, la pérdida de hábitat de las especies, la expansión de la agricultura, así como la llegada de especies invasoras (Reina *et al.*, 2010).

El estudio del banco de semillas se ha convertido en una herramienta importante para desarrollar modelos de predicción de sucesión vegetal que permitan proponer estrategias de restauración, con el fin de retribuir propiedades de los ecosistemas disturbados por actividades antrópicas (Barrera, 2011; Beltrán, 2012). La intensificación en el manejo de los suelos por agricultura y ganadería ha generado una pérdida de diversidad en la vegetación establecida (Reiné, 1998).

El banco de semillas comprendido como la reserva de semillas maduras viables en la planta, enterradas en el suelo y en residuos vegetales, cumple un papel fundamental en la recuperación de áreas que sufrieron procesos de disturbio. Dicha reserva permite al sistema disponer de numerosos propágulos para el mantenimiento y la recuperación de la vegetación, listos para germinar y establecerse cuando las condiciones sean favorables (Garwood, 1989; Quintana *et al.*, 1996; Baskin y Baskin, 1998; De Souza *et al.*, 2006; Aponte *et al.*, 2010; Beltrán, 2012).

Nuestra investigación evidenció que la mayor abundancia de especies se registró en el relicto de bosque, seguido por el pastizal y, por último, por la plantación. Sin embargo, la mayoría de las especies que se presentaron en las tres unidades de cobertura analizadas fueron comunes entre ellas. Igualmente y de acuerdo con otros estudios, la presencia de un mayor número de especies de las familias Poaceae, Asteraceae y Caryophyllaceae indica la proximidad a prados y cultivos de la zona de estudio (Galindo *et al.*, 2003; Fernández y Hernández, 2007; Reina *et al.*, 2010; Medina *et al.*, 2010; Giraldo, 2011). Adicionalmente, estudios anteriores reportan para el bosque subandino mayor riqueza en especies principalmente de las familias Rubiaceae, Melastomataceae y Orchidaceae (Reina *et al.*, 2010), lo que indica que la zona de estudio se encuentra altamente afectada por disturbios que han modificado las condiciones propias del sistema.

Las semillas germinadas a partir del Banco de Semillas Germinable (BSG) corresponden a especies tanto nativas como exóticas, las cuales son capaces de tolerar las condiciones extremas del ambiente impuestas por los disturbios generados históricamente en la zona de estudio y, en general, en los bosques subandinos de nuestro país (Mora, 2007; Torres, 2009). Igualmente, la presencia de estas especies es prueba de la incidencia de disturbios en las zonas adyacentes al lugar de estudio, principalmente actividades agrícolas y pecuarias (Jaimes y Rivera, 1991; Thompson *et al.*, 1998; Borda y Vargas, 2011; Beltrán, 2012).

Por lo anterior, se evidencia que la presencia de otras especies como *Trifolium repens*, *Stellaria media*, *Echinochloa colona* y *Gnaphalium viravira* indica proximidad del sitio de estudio a campos agrícolas y pastizales aledaños, en donde el

arriba es favorecido por la apertura de claros y las condiciones posdisturbio, lo que ha llevado a la colonización y a la formación de un BSG que asegura su permanencia en las coberturas de la finca El Pensil (Reiné *et al.*, 2006; Borda y Vargas, 2011; Torres, 2009; Beltrán, 2012).

Teniendo en cuenta estas condiciones, se puede sugerir que las especies que se expresan a partir del BSG, en el área de estudio, no contribuirán a promover una trayectoria sucesional hacia el bosque subandino, debido a que en gran proporción, poseen características exóticas, algunas con potencial invasor y capaces de formar bancos de semillas persistentes, las cuales han logrado permanecer en estos, posiblemente favorecidas por sus estrategias de dispersión o su longevidad (Mora, 2007; Borda y Vargas, 2011). No obstante, la presencia de algunas especies nativas con una abundancia alta como *Jaegeria hirta*, *Sporobolus jacquemontii*, *Spermacoce bogotensis*, *Gnaphalium viravira* e *Hydrocotyle bonplandii* podrían facilitar el proceso de sucesión vegetal, ya que son consideradas arvenses, y son capaces de competir con especies exóticas por los recursos presentes en el sistema perturbado de forma antrópica (Baker, 1974; Bunting, 1960; Cantuca *et al.*, 2001).

De la misma forma, la presencia de especies como *Jaegeria hirta*, *Sporobolus jacquemontii*, *Lolium* sp., *Lolium temulentum* y *Avena fatua* en las tres coberturas analizadas sugiere la presencia de oportunistas terrestres, las cuales son capaces de inhibir la germinación de las semillas de otras especies en bosques andinos en donde los disturbios facilitan la implantación de nuevas semillas (Torres y Vargas, 2011; Beltrán, 2012). Algunas especies como *Carex* sp. y *Trifolium repens* se reportan no solo para el bosque subandino, sino también para bosque altoandino (Cardona, 2004; Cantillo *et al.*, 2008; Beltrán, 2012), lo que indica la capacidad de estas especies para dispersarse en diferentes zonas.

Frente a la posibilidad de emprender procesos de restauración en nuestra área de estudio, se destaca la presencia en el BSG de *Bocconia frutescens*, especie que se caracteriza por un rápido crecimiento con producción de semillas de fácil dispersión y de tamaño pequeño que le permite colonizar sitios antes que otras especies; además, se ha destacado en procesos de restauración dado su crecimiento en bordes, sitios alterados y periféricos de bosques primarios y secundarios con preferencia de lugares con buena iluminación y tolerancia a suelos pobres (Navas, 2004); igualmente, la presencia de *Passiflora* sp. por la historia de uso del suelo, por la prevalencia en el tiempo y por su capacidad de formar un BSG persistente (Borda y Vargas, 2011).

La riqueza en las tres coberturas analizadas sugiere el aporte de semillas provenientes de las zonas adyacentes, las cuales muy probablemente han sido sometidas

a los mismos regímenes de disturbio de las zonas de estudio (Beltrán, 2012). Esta riqueza sugiere la presencia de especies herbáceas capaces de formar un banco de semillas persistente debido a la forma y el tamaño pequeño característico de sus semillas (Enciso *et al.*, 2000), lo cual incrementa el aporte por parte de especies arvenses y pastizales circundantes mediante la lluvia de semillas y los diferentes síndromes de dispersión (Hernández *et al.*, 2009).

En el caso del pastizal, nuestro estudio evidenció que el manejo del ganado puede ser relevante en los procesos básicos en la composición de especies herbáceas en el banco de semillas, lo cual puede estar determinado por procesos de estrés, perturbación y competencia en la vegetación en pie. Igualmente, actividades como el corte de hierba y el pastoreo de animales impiden el desarrollo y establecimiento de plantas leñosas a partir del banco, debido a que estas se caracterizan por un rápido crecimiento y una talla elevada, por lo que son llamativas para el ganado y favorecen la expansión de gramíneas con alta capacidad de regeneración. De estas especies se registraron en el banco de semillas analizado, entre otras, *Trifolium repens* y *Lolium sp.*, las cuales son capaces de adaptarse al pisoteo y a procesos de compactación permanente (Reiné, 1998; Aponte *et al.*, 2010).

La mayoría de especies encontradas presentan un hábito herbáceo y una reproducción sexual por semillas, que indica la capacidad de colonización de las especies en diferentes áreas expuestas a disturbios de origen antrópico; teniendo en cuenta que muchas de estas especies cuentan con un método de dispersión anemocora, se incrementan las posibilidades de las semillas de colonizar nuevos espacios donde se aumenta la probabilidad de encontrar condiciones aptas para su germinación y establecimiento, lo que crea, a la vez, un banco de semillas persistente o pseudopersistente (Montenegro, 2000; Acosta, 2004; Cantillo *et al.*, 2008).

## Conclusiones

El área de estudio evidenció la afectación del ecosistema subandino debido a procesos antrópicos, como la expansión de la agricultura, la ganadería, los incendios y las plantaciones forestales, entre otros, que originan pérdida en la biodiversidad nativa del bosque subandino y facilitan el arribo de especies exóticas, algunas de ellas con características invasoras.

La similitud en la composición de especies para las tres coberturas analizadas se puede deber a que posiblemente han sido influenciadas por la misma historia de disturbio. La riqueza de los bancos de semillas en los suelos de las coberturas de la finca El Pensil se ve marcada, principalmente, por especies herbáceas de las familias Poaceae, Asteráceae y Caryophyllaceae asociadas a pastizales y plantaciones.

Si lo que se busca es facilitar el inicio de un proceso sucesional hacia bosque subandino a partir de las especies registradas en el banco de semillas, nuestros hallazgos poco aportan para tal fin, debido a que gran parte de estas especies son de origen exótico y promueven en el banco características diferentes a las de un ecosistema original.

La investigación evidenció que la cobertura de relictos de bosque no cumple la función como ecosistema de referencia, debido al establecimiento de semillas provenientes de regiones adyacentes asociadas con áreas igualmente disturbadas.

La presencia en el banco de semillas de especies nativas como *Jaegeria hirta*, *Sporobolus jacquemontii*, *Spermacoce bogotensis*, *Gnaphalium viravira* e *Hydrocotyle bonplandii* podría sugerir que potencialmente estas servirían como fuente de propágulos en un probable proceso sucesional inicial; sin embargo, el registro de especies exóticas tenderían a promover relaciones de competencia, donde las primeras se ven seriamente afectadas desviando dicho proceso.

## Referencias

- Abella, S. (2013). Characterizing soil seed banks and relationships to plant communities. *Plant Ecology*, 214(5), 703-715.
- Acosta, M. (2004). *Efecto sobre el banco de semillas germinable en un fragmento de bosque altoandino (Reserva forestal de Cogua, Cundinamarca)* (Tesis de grado). Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
- Álvarez, C. (2005). Disturbance effects on the seed banks of mexican cloud forest fragments. *Biotropica*, III(37), 337-342.
- Aponte, C., Kazakis, G., Ghosn, G. y Papanastasis, V. (2010). Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics. *Wetlands Ecol. Manage*, 18, 243-253.
- Baker, H. G. (1974). The evolution of Weeds. *Annual Review of Ecology System*, 5, 1-24.
- Baker, H. (1989). *Some aspects of the natural history of seed Banks*. Berkeley: Department of Botany, University of California.
- Barrera, J. (2011). *Restauración ecológica de bosques altoandinos sometidos a presión antrópica: de lo teórico a lo posible* (Tesis doctoral). Departament de Biología Animal, Biología Vegetal i Ecología. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

- Baskin, C. y Baskin, M. (1998). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of Dormancy and germination*. San Diego: Academic Press.
- Bedoya, J., Estévez, J. y Castaño, G. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 14(2), 77-91.
- Beltrán, H. (2012). *Evaluación de matorrales y bancos de semillas en invasiones de Ulex europeaus con diferente edad de invasión al sur de Bogotá D.C.-Colombia* (Tesis de grado). Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Borda, M. y Vargas, O. (2011). Caracterización del banco de semillas germinable de plantaciones de pinos (*Pinus patula*) y claros en regeneración natural (alrededores del embalse de Chisacá, Bogotá-localidad de Usme-bosque altoandino). En O. Vargas y B. S. P. Reyes (Eds.), *La restauración ecológica en la práctica: memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Bunting, A. (1960). Some reflections of the ecology of weeds. En J. L. Harper (Ed.), *The biology of the weeds*. Oxford: Blackwell's.
- Cantillo, E., Castiblanco, V., Pinilla, D. y Alvarado, C. (2008). Caracterización y valoración del potencial de regeneración del banco de semillas germinable de la reserva forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca). *Revista Colombia Forestal*, 11, 45- 70.
- Cantuca, S., Quevedo, E., Peña, E. y Checa, O. (2011). Reconocimiento taxonómico de plantas asociadas con la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en plantaciones de la Zona de Tumaco. *Palmas*, 22(1), 27-37.
- Cárdenas, C., Posada, C. y Vargas, O. (2002). Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de paramo húmedo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). *Revista Ecotropicos*, 15(1), 51-60.
- Cardona, A. (2004). *Potencial de regeneración del banco de semillas germinable en dos tipos de bosque subandino: implicaciones para la restauración (Reserva biológica Cachalú, Encino, Santander)* (Tesis de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Cardona, A. y Vargas, O. (2004). El banco de semillas germinable de especies leñosas en dos bosques subandinos y su importancia para la restauración ecológica (Reserva Biológica Cachalú-Santander. Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 8(17), 60-74.
- Dalling, J. (2002). Ecología de semillas. En M. G. Guariguata (Ed.), *Ecología y conservación de bosques tropicales*. Cartago: LUR.

- De Souza, M., Maia, F. y Pérez, M. (2006). Bancos de semillas en el suelo. *Agriscientia*, 23(1), 33-44.
- Enciso, J., García, P. y Cerdá, A. (2000). Distribución del banco de semillas en taludes de carretera: efecto de la orientación y de la topografía. *Orsis*, 15, 103-113.
- Fernández, J. y Hernández, M. (2007). Catálogo de la flora vascular de la cuenca alta del río Subachoque (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia*, 29(1), 73 -104.
- Galindo, T., Betancur, J. y Mendoza, H. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de flora y fauna Guanentá-Alto Río Fonce, cordillera Oriental colombiana. *Caldasia*, 25, 313-325.
- Garwood, N. (1989). Tropical soil seed banks: Review. In M. V. Leck (Ed.), *Ecology of soil seed bank*. New York: Academic Press.
- Giraldo, D. (2011). Catálogo de la familia Poaceae en Colombia. *Revista Darwininana*, 49(2), 139- 247.
- Gutiérrez, H. (1991). *Clasificaciones climáticas*. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (Himat). Recuperado de <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/016592/clasificacionclima.pdf>
- Hernández R., Malkind, S. y Mora A. (2009). Estudio del banco de semillas de un bosque húmedo montano bajo de Mérida, Venezuela. *Pittieria*, 33, 47-58.
- Jaimes, V. y Rivera, D. (1991). Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia). *Perez Arbelaez*, 3(9), 3-35.
- Kalamees, R. y Zobel, M. (1998). Soil seed bank composition in different successional stages of a species rich wooded meadow in Laelatu, western Estonia. *Acta Oecologica*, 19, 175-180.
- López, A., Calabuig, E., Fillat, F. y Bermúdez, F. (2000). Floristic composition of established vegetation and the soil seed bank in pasture communities under different traditional management regimes. *Agriculture Ecosystem & Environment*, 78, 273-282.
- Marone, L. V. (2004). Soil seed bank composition over desert microhabitats: Patterns and plausible mechanisms. *Canadian Journal of Botany*, 82, 1809-1816.
- Mateucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington: Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Medina, R., Reina, M., Herrera, E., Ávila, F., Chaparro, O. y Cortés, R. (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la Cuchilla El Fara (Santander- Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13(1), 55-85.

- Montenegro, A. (2000). *Estrategias de dispersión y regeneración por banco de semillas en dos comunidades de bosque altoandino* (Tesis de grado). Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.
- Mora, J., Figueroa, Y. y Vivas, T. (2007). Análisis multi-escala de la vegetación de los alrededores del embalse de Chisacá (Cundinamarca, Colombia): implicaciones para la formulación de proyectos de restauración ecológica a nivel local. En O. Vargas (Ed.), *Restauración ecológica del bosque altoandino: estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Jardín Botánico José Celestino Mutis, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente.
- Muñoz, Z. (2007). *Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de Eucalyptus globulus (Labill)* (Trabajo de grado). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.
- Navas, A. (2004). *Las hierbas también son árboles: crecimiento y arquitectura de Bocconia frutescens* (Tesis B.Sc.). Universidad de los Andes, Bogotá. Recuperado de [https://biblioteca.uniandes.edu.co/visor\\_de\\_tesis/web/?SessionID=L1Rlc2lzXzIwMDRfcHJpbWVYX3NlbWVzdHJlLzAwMDAyMzA5LnBkZg%3D%3D](https://biblioteca.uniandes.edu.co/visor_de_tesis/web/?SessionID=L1Rlc2lzXzIwMDRfcHJpbWVYX3NlbWVzdHJlLzAwMDAyMzA5LnBkZg%3D%3D)
- Piudo, M. y Cavero, R. (2005). *Banco de semillas: comparación de metodologías de extracción, de densidad y de profundidad de muestreo*. Navarra: Universidad de Navarra.
- Quintana, P., Gonzales, M., Ramírez, N., Domínguez, G. y Martínez, M. (1996). Soil seed banks and regeneration of tropical rain forest from Milpa fields at the Selva Lacandona, Chiapas, México. *Biotropica*, 28(2), 192-209.
- Ramírez, A. (2006). *Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Rangel, J.O., Lowy, P. y Aguilar, M. (1997). *Colombia-diversidad biótica II: tipos de vegetación en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Ministerio del Medio Ambiente.
- Reina, M., Medina, R., Ávila, F., Ángel, S. y Cortés, R. (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la reserva biológica Cachalú, Santander (Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13(1), 27-54.
- Reiné, R. (1998). *El banco de semillas del suelo en comunidades pratenses de Montaña, con distintos regímenes de gestión agrícola*. Jaca: Universitat de Lleida, Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal.

- Reiné, R., Chocarro, C. y Fillat, F. (2006). Spatial patterns in seed bank an vegetation of semi natural mountain meadows. *Plant Ecology*, 186, 151-160.
- Roberts, H. A. (1981). Seed banks in soils. In T. H. Coaker (Ed.), *Advances in Applied Biology*. London: Academic Press.
- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M. y Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos* (2<sup>a</sup> ed.). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rudas, G., Marcelo, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, L. y Sarmiento, A. (2007). *Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Samo, A., Garmendia, A. y Delgado, J. (2008). *Introducción práctica a la ecología*. España: Pearson Education SIA.
- Simpson, R. M. (1989). Seed banks: General concepts and methodological issues. *Ecology of Soil Seed Bank*. New York: Academic Press.
- Thompson, K. (2000). The functional ecology of seed banks. In M. Fenner (Eds.), *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford: CAB International.
- Thompson, K., Bakker, J., Bekker, M. y Hodgson, G. (1998). Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. *Journal of Ecology*, 86, 163-169.
- Torres, N. (2009). *Banco de semillas germinable en áreas invadidas por retamo espinoso (Ulex europaeus) con diferentes edades de quema (alrededores del embalse de Chisacá Bogotá-localidad de Usme)* (Tesis de Grado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Torres, N. y Vargas, O. (2001). Banco de semillas germinable en áreas invadidas por retamo espinoso (*Ulex europaeus*) con diferentes edades de quema (alrededores del embalse de Chisacá, Bogotá, localidad de Usme). En O. Vargas y S. Reyes (Eds.), *La restauración ecológica en la práctica: memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá: Programa de Inventarios de Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Warr, S. K. (1993). Seed banks as a neglected area of biogeographic research: A review of literature and sampling techniques. *Prog. Phys. Geog.*, 17, 329-347.

## Anexos

### Anexo 1. Fotografías plántulas germinadas en invernadero



Familia: Araliaceae



Nombre científico: *Hydrocotyle bonplandii* A. Rich.



Nombre común: Batallita



Origen: Nativa



Familia: Asteraceae



Nombre científico: *Acmella* sp. Pers.



Nombre común:



Origen: Nativa



Familia: Asteraceae



Nombre científico: *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist



Nombre común: Rama negra



Origen: Exótica



Familia: Asteraceae



Nombre científico: *Galinsoga* sp. Ruiz & Pav.



Nombre común: Guasca



Origen: Nativa



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Gnaphalium viraviria* Molina

Nombre común: Vira vira, wira wira

Origen: Nativa



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Senecio vulgaris* L.

Nombre común: Cerrajilla, cardo

Origen: Exótica



Familia: Asteraceae

Nombre científico: *Jaegeria hirta* (Lag.) Less.

Nombre común: Estrellita amarilla

Origen: Nativa



Familia: Balsaminaceae

Nombre científico: *Impatiens* sp. L.

Nombre común:

Origen: Nativa



Familia: Brassicaceae

Nombre científico: *Cardamine hirsuta* L.

Nombre común: Berro amargo

Origen: Exótica



Familia: Caryophyllaceae      Nombre científico: *Arenaria lanuginosa*      Nombre común: Hierba de pulga      Origen: Nativa  
(Michx.) Rohrb



Familia: Caryophyllaceae      Nombre científico: *Stellaria media* (L.) Vill.      Nombre común: Pamplina, hierba gallinera      Origen: Exótica



Familia: Cyperaceae      Nombre científico: *Carex* sp. L.      Nombre común:      Origen: Exótica



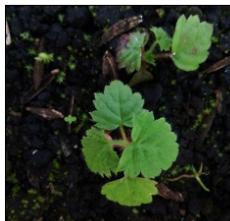
Familia: Fabaceae      Nombre científico: *Trifolium repens* L.      Nombre común: Trébol blanco      Origen: Exótica



Familia: Lamiaceae      Nombre científico: *Stachys bogotensis* Kunth      Nombre común: Oreja de liebre, limpia frascos      Origen: Nativa



Familia: Malvaceae



Nombre científico: *Fuertesimalva limensis* (L.) Fryxell



Nombre común: Malva blanca



Origen: Nativa



Familia: Malvaceae



Nombre científico: *Melochia* sp. L.



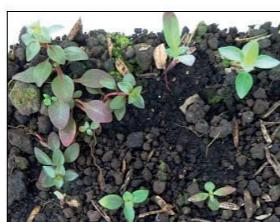
Nombre común: Escoba



Origen: Nativa



Familia: Nyctaginaceae



Nombre científico: *Boerhavia erecta* L.



Nombre común: Golondrina, rodilla de pollo



Origen: Nativa



Familia: Oxalidaceae



Nombre científico: *Oxalis acetosella* L.



Nombre común: Aleluya



Origen: Exótica



Familia: Papaveraceae



Nombre científico: *Bocconia frutescens* L.



Nombre común: Trompeta



Origen: Nativa



Familia: Passifloraceae



Nombre científico: *Passiflora* sp. L.



Nombre común:



Origen: Nativa



Familia: Phyllanthaceae



Nombre científico: *Phyllanthus* sp. L.



Nombre común:



Origen: Nativa



Familia: Plantaginaceae



Nombre científico: *Veronica arvensis* L.



Nombre común: Borrancillo, Verónica



Origen: Exótica



Familia: Plantaginaceae



Nombre científico: *Veronica serpyllifolia* L.



Nombre común: Ontineta



Origen: Exótica



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Avena fatua* L.



Nombre común: Avena loca, avena negra



Origen: Exótica



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Echinochloa colona* (L.) Link



Nombre común: Liendra de puerco, arrocillo



Origen: Exótica



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Eragrostis tenuifolia* (A.Rich.) Hochst. ex Steud.



Nombre común: Yerba de filo



Origen: Exótica



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Lolium* sp. L.



Nombre común:



Origen: Exótica



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Lolium temulentum* L.



Nombre común: Ballico, ray-grass



Origen: Exótica



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Ochlopoa annua* (L.) H. Scholz



Nombre común: Poa, pata de gallina, pasto azul



Origen: Exótica



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Paspalum fimbriatum* Kunth



Nombre común: Pata de conejo



Origen: Nativa



Familia: Poaceae



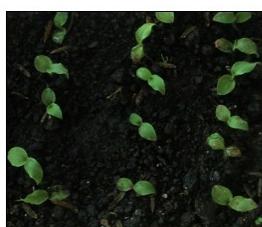
Nombre científico: *Sporobolus j. acquemontii* Kunth



Nombre común: Castilleja, espartillo



Origen: Nativa



Familia: Poaceae



Nombre científico: *Zea* sp. L.



Nombre común:



Origen: Nativa



Familia: Polygalaceae



Nombre científico: *Monnieria salicifolia* Ruiz & Pav.



Nombre común: Guaquito



Origen: Nativa



Familia: Polygonaceae



Nombre científico: *Polygonum nepalense* Meiss.



Nombre común: Barbasco



Origen: Exótica



Familia: Polygonaceae



Nombre científico: *Muehlenbeckia tamnifolia* (Kunth) Meissn.



Nombre común: Bejuco colorado



Origen: Exótica



Familia: Rubiaceae



Nombre científico: *Spermacoce bogotensis* Kunth



Nombre común:



Origen: Nativa



Familia: Solanaceae



Nombre científico: *Solanum scorpioideum* Rusby



Nombre común: Pehria compacta



Origen: Nativa



Familia: Solanaceae



Nombre científico: *Physalis peruviana* L.



Nombre común: Uchuva



Origen: Nativa

**Anexo 2. Atributos de las especies del banco de semillas**

Familia	Especie	Hábito	Origen	Método de dispersión	Ciclo de vida (perennes/ anuales/ bianuales)	Filotaxia/ disposición	Exudado	Tipo de reproducción (sexual/ vegetativa)	Olor	Otras (flores/frutos/ semillas)
Araliaceae	<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A. Rich.	América del Norte y América del Sur	Hierba	Anemócora	Anual	Hojas simples, alternas, lobuladas, con pecíolos delgados, no peltados, con estípulas cóncavas y enteras	Ausente	Sexual	Ausente	Inflorescencias umbeladas simples y axilares, flores blancas a crema, cádiz ausente
Asteraceae	<i>Acmella</i> sp. Pers.	México, América Central y América del Sur	Hierbas erectas	Anemócora	Anuales o perennes	Hojas simples, opuestas, decusadas y pectioladas, lámina generalmente ovada, base atenuada a cordada, ápice ligeramente acuminado a obtuso, margen entero a regularmente dentado, hojas cartáceas, trinervias con nervios basales, glabras a tomentosas	Ausente	Sexual	Ausente	Flores en capítulos mayormente solitarios, terminales o axilares, corolas inconspicuas. Violetas a amarillo anaranjadas, ocasionalmente blanca, frutos aquenios secos y dimórficos.
Asteraceae	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	América tropical y subtropical	Hierba	Anemócora	Anuales o perennes	Hojas simples, alternas, gradualmente reducidas hacia la parte superior y raramente arosetadas, lámina ovada a lanceolada, ápice obtuso o agudo, margen entero y hojas membranaceas	Ausente	Li-geramente aro-mátic	Sexual	Inflorescencia corim-biforme, terminal. Capítulos aparentemente discoides con ligulas incluidas, heterogámos y heteromorfo. Flores amarillas o amarillo pálido, cuando maduras vino tinto, fragantes; fruto aquenio 1,2-1,6 mm de largo, obovado, muy comprimido, glabrescente.

Asteraceae	<i>Galinoga</i> sp. Ruiz & Pav.	Hierbas delicadas	Méjico, América Central y América del Sur	Anemó- cora	Anuales	Hojas opuestas, cortamente pecioladas, la lámina ovada a lanceolada, marginalmente crenadoaserrada, glabra a pilosa.	Ausente Ausente Sexual
Asteraceae	<i>Gnapha- vitrina</i> Molina	Hierbas	América del Sur	Anemó- cora	Anual, bianual o perenne	Hojas simples, alternas, sesiles, base decurrente, margen generalmente ondulado, hojas linear-ovadas	Li- gera- men- te aro- máti- ca Ausente Ausente Sexual
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Hierba	Europa, Asia occi- dental y norte de África	Anemó- cora	Anual bianual	Hojas simples, alternas, las inferiores casi en roseta, sesiles o subpecioladas, hojas superiores semi-pápexas, forma oblonga y lobuladas, margen ligeramente dentado	Ausente Ausente Ausente Sexual
Asteraceae	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	Hierba erecta o rastrera	América Central y América del Sur	Anemó- cora	Anual	Hojas simples, opuestas, sesiles o subseiles, con las bases connadas, generalmente lanceoladas, margen entero a crenado	Ausente Ausente Ausente Sexual

Balsaminaeae	<i>Impatiens</i> sp. L.	Hierba	Panama	Anemócora	Anual o vivaces	Hojas simples, alternas, opuestas o verticiladas, margen aserrado y margen generalmente suculento	Asexual por esquejes o sexual por semilla	Asexual por esquejes o sexual por semilla	Flores solitarias o inflorescencias en cimas terminales o axilares, flores generalmente con un sépalo modificado en un espolón nectárico; frutos cápsulas dehiscentes explosivas por elasticidad al contacto cuando la semilla madura
Brassicaceae	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Hierba	Asia central	Zoocra-insectos	Perenne	Hojas compuestas, imparipinnadas	Asexual	Asexual	Flores solitarias y axilares agrupadas hacia la parte terminal de la rama
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Hierba	Asia y Europa	Anemócora	Anual	Hojas simples, opuestas, pecioladas o subsésiles, con o sin pelos cilíados, peciolos hasta de 2 cm de largo y vellosos.	Asexual	Asexual	Flores solitarias y axilares, fruto pequeño que se abra en 6 valvas con semillas opacas
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp. L.	Hierba	América	Anemócora	Perenne	Hojas con láminas lineares, planas, dobladas o acanaladas y con vainas cerradas	Asexual	Asexual	Son espigas diminutas de color café, son parecidas a los frutos del trigo y son de color café
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	Hierba	Europa	Zoocora	Perenne	Hojas compuestas, trifolioladas alternas, con margen generalmente dentado a entero, presentan estípulas libres muy notorias	Libermanente a le-gumbre	Libermanente a le-gumbre	Inflorescencias en racimos congentos, formando una cabezuela, flores generalmente blancas o rosadas. Frutos en legumbres pequeñas cafés al madurar
Lamiaceae	<i>Stachys bogotensis</i> Kunth	Hierba	Especie nativa		Perenne	Hojas simples, opuestas, pecioladas de margen dentado	Asexual	Asexual	Inflorescencias generalmente en verticilos de 6 flores, flores generalmente púrpuras o rosadas

<p><b>Malvaceae</b> <i>Fuertesimalva limensis</i> (L.) Fryxell</p>	<p>Méjico, América Central y América del Sur hasta Chile Hierba ascendente o erecta</p>	<p>Anuales o perennes Zoocora</p>	<p>Hojas simples, alternas, helicoidales, ovadas, 3-5 palmatilobuladas, margen crenado y pubescencia estrellada, presenta estípulas libres</p>	<p>Ausente Ausente</p>	<p>Sexual por semillas y asexual por piezas del tallo</p>
<p><b>Malvaceae</b> <i>Melochia</i> sp. L.</p>	<p>Arbustos o subarbustos erectos o acostados ascendentes</p>	<p>Anémocora, hidrocora</p>	<p>Hojas alternas, con estípulas, simples, de margen aserrado o crenado-aserrado</p>	<p>Ausente Ausente</p>	<p>Sexual</p>
<p><b>Nyctaginaceae</b> <i>Boerhaavia erecta</i> L.</p>	<p>Sur de Estados Unidos, México y Antillas a Argentina y Perú Hierba</p>	<p>Anual</p>	<p>Hojas simples, opuestas, pecioladas, generalmente concentradas en la mitad inferior de las ramas</p>	<p>Ausente Ausente</p>	<p>Sexual</p>
<p><b>Oxalidaceae</b> <i>Oxalis acetosella</i> L.</p>	<p>América del Sur Hierba</p>	<p>Anuales o perennes</p>	<p>Hojas compuestas, trifolioladas, alternas, helicoidales, con estípulas libres</p>	<p>Ausente Ausente</p>	<p>Sexual</p>

Papaveraceae	<i>Bocconia frutescens L.</i>	Árboreo	Especie nativa	Zoocora	Perenne	Hojas simples, helicoidales, alternas, profundamente pinatilobuladas	Presente/ color anaranjado muy abundante	Ausente	Flores pequeñas apétalas, verde azulosa, cálix con dos sépalos. Fruto cápsula bivalvada, elipsoidal, apiculada, hasta 1 cm de largo, con estilo persistente; semillas negras con una carúncula roja
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus sp. L.</i>	Árboles, subarbustos, hierbas o bejucos leñosos	América	Zoocora	Anual	Hojas simples, alternas, distícas, con estípulas parreadas, libres y persistentes	Presente	Ausente	Flores mayormente axilares, corola ausente, ovario 3-locular; fruto usualmente capsular raramente drupaceo
Plantaginaceae	<i>Veronica arvensis L.</i>	Hierba erecta o decumbente	Europa y Asia	Anemocora	Anual	Hojas simples, opuestas, generalmente pectioladas, ápice obtuso, base redondeada, margen crenado a aserrado, pubescentes	Presente	Ausente	Flores solitarias, axilares, pedúnculos muy cortos, de 1 a 2 mm de largo, no encorvados en fruto; fruto cápsula obcordada, de (2) 3 a 4 mm de largo, glabrescente con cilios en los márgenes; semillas no muy numerosas, elípticas, de menos de 1 mm de largo
Plantaginaceae	<i>Veronica serpyllifolia L.</i>	Arbusto	Europa	Perenne		Hojas simples, opuestas, margen entero, crenado o dentado, cortamente pectioladas	Presente	Ausente	Inflorescencias en racimos, flores color blanco con estrías moradas, fruto capsula loculicida con semillas arrinonadas

Poaceae <i>Avena fatua</i> L.	Cespitosa a racemosa Europa y Asia	Anemó-cora Anual	Hojas alternas o en espiral alrededor del tallo, vainas foliares con o sin pelos.	Au-sente	Sexual	Inflorescencia panícula piramidal, floja, hasta de 40 cm de largo, con ramas flexuosa. Fruto largo y angosto
Poaceae <i>Echino-chloa co-lona</i> (L.) Link	Cespitosa a racemosa Europa	Anemó-cora Anuales	Hojas planas, con pubescencia en forma de pelos simples en la base, presenta tallos huecos y ramificaciones cerca de la base	Au-sente	Sexual	Inflorescencias en panículas o racimos terminales
Poaceae <i>Eragrostis tenuifolia</i> (A. Rich.) Hierba Ho-chst. ex Steud.	África y Asia Tropical	Anemó-cora Perennes	Hojas glabras, lámina plana a enrollada hasta de 20 cm de largo por 3 mm de ancho, vaina glabra con cilios en la margen	Au-sente	Sexual	Inflorescencias en panículas terminales, que agrupan las espículas
Poaceae <i>Lolium sp.</i> L.	Hierba	Zooco-ro-Anemócora y suroeste de Asia	Anuales o bianuales	Vainas foliares con aurículas conspicuas hacia el ápice.	Au-sente	Inflorescencias en espigas bilaterales
Poaceae <i>Lolium temulentum</i> L.	Hierba	Zooco-ro-Anemócora y noreste de Asia	Anuales o bianuales	Vainas foliares con aurículas conspicuas hacia el ápice. Lámina de hasta 22 cm de largo y 8 mm de ancho, lisas en el envés, opacas y ásperas en el envés	Au-sente	Inflorescencias en espigas bilaterales

Poaceae	<i>Ochloa annua</i> (L.) H. Scholz	Pasto erecto o postrado	Cosmopolita	Anuales o perennes	Las hojas presentan una ligula membranosa y prefoliación plegada	Ausente	Ausente	Sexual	La inflorescencia es una panójala laxa. Las espiguillas presentan de 2 a 6 flores, siendo las glumas más cortas que las flores inferiores
Poaceae	<i>Paspalum fimbriatum</i> Kunth	Cespitosa a racemosas	América	Anemócora	Vainas cilíadas, glabras, ligula en forma de anillo denso de pelos cortos, láminas foliares glabras, hasta de 10 cm de longitud	Ausente	Ausente	Sexual y por rizomas	Inflorescencia 2-3 racimos, secundos; raquis aplanado
Poaceae	<i>Zea</i> sp. L.	Cespitosa a racemosas	América	Anemócora	Anuales o perennes	Hojas caulinares, láminas grandes, lineares y aplastadas	Ausente	Asexual	Plantas monoicas, flores unisexuales, las masculinas formando espigas, las femeninas ubicadas debajo de las espigas en el tallo, el fruto está envuelto en un capachito o amero y las semillas agrupadas conforman una mazorca
Polygonaceae	<i>Monnia salicifolia</i> Ruiz & Pav.	Arbusto	América	Zoocora	Hojas simples, alternas, limbo elíptico, margen entero, haz glabro, envés ligeramente pubescente	Ausente	Ausente	Sexual	Inflorescencias en racimos terminales, flores azul amarillento; fruto drupa color azul
Polygonaceae	<i>Polygonum neopalens</i> Meisn.	Hierba	Asia	Zoocora	Anual	Hojas simples, alternas, ovadas, con puntos glandulares amarillos sobre la superficie, las hojas superiores más pequeñas y sésiles o casi sésiles	Ausente	Ausente	con inflorescencias generalmente espíciformes, a veces agrupadas en panículas de espigas. Flores con 5 tépalos coloreados. Fruto en achenio envuelto en los lóbulos del perianto

Polygono- naceae	<i>Mue- hlenbe- kia tan- nifolia</i> (Kunth) Meissn.	Bejucos Nueva Zelanda, Aus- tralia y América del Sur	Zoocora	Creci- miento rapido, requiere abundante luz solar	Hojas simples, alternas, helicoidales, con estípula	Au- sente	Sexual	Inflorescencia race- mosa. Tépalos 1,6-2 x 1,6-2 mm. suborbí- culares, rojos, ápice cuculado. Ovario 0,8 mm de largo; estig- mas lobados. Fruto 5-7 mm de largo
Rubia- ceae	<i>Sperma- coce bo- gotensis</i> Kunth	Subarbusto erecto	Cor- dillera Oriental colon- biana	Perenne	Hojas simples, opuestas, raramente verticiladas, lámina obanceolada, margen serrulado con estípulas connadas adnatas al pecíolo	Au- sente	Sexual	Inflorescencias en fascículos terminales, muy raras veces axi- blares, flores de color blanco; fruto cápsula dehiscente y septicida
Solana- ceae	<i>Solanum scorpioi- deum</i> Rusby	Arbusto	Zoocora		Hojas simples, alternas, helicoidales, profun- damente lobuladas y densamente pubescentes, arbusto espinoso	Au- sente	Sexual	Inflorescencias en panículas terminales, flores con tonalidad morada, fruto baya color vino tinto al madurar
Solana- ceae	<i>Physalis peruvia- na</i> L.	Subarbusto	Ecuador y Perú	Zoocora	Especie de crecimien- to rápido y requiere abundante luz.	Hojas simples, alternas, helicoidales, sin estípulas	Au- sente	Las flores miden 1 cm de diámetro. Están solas en las axilas de las ramas. Sus pétalos están unidos y son de color amarillo, su interior es morado y parecido a una estre- lla. Miden 1,5 cm de diámetro, son bayas de color amarillo



# **Capítulo 4. Factores limitantes, tensionantes y potenciadores para la restauración ecológica de zonas disturbadas en zonas de bosque subandino**

HÉCTOR EDWIN BELTRÁN-GUTIÉRREZ  
ANA CAROLINA MORENO CÁRDENAS

## **Identificación de factores limitantes y tensionantes**

Para el desarrollo de un proyecto de restauración ecológica, se debe tener en cuenta tres aspectos teóricos: los factores limitantes, los factores tensionantes y los factores potenciadores, los cuales constituyen el fundamento de su fase diagnóstica y, a su vez, aportan elementos importantes para la definición y ejecución de estrategias futuras.

Los *factores limitantes* son definidos como condiciones propias del sistema que impiden o dificultan su normal desarrollo. Por ejemplo, en el caso del suelo, se pueden presentar limitaciones por ausencia de nutrientes como fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg), materia orgánica (MO); por tener valores muy altos o muy bajos, pueden afectar de manera directa la movilidad de los nutrientes (Barrera y Valdez, 2007). En otras palabras, el factor limitante en un sistema es aquel elemento abiótico o biótico que afecta o inhibe su crecimiento normal (Barrera *et al.*, 2009).

Cuando un ecosistema ha sido sometido a procesos de disturbio como, en nuestro caso, por actividades ganaderas y agrícolas, sus condiciones limitan el arribo y establecimiento de aquellas especies que puedan contribuir a su recuperación. Los factores limitantes no son otra cosa que elementos de la naturaleza que cuando están ausentes, en poca o en abundante cantidad en un lugar, pueden llegar a

impedir el normal desarrollo de las especies, comunidades y ecosistemas (Barrera *et al.*, 2009).

Los *factores tensionantes* se definen como estímulos externos que pueden ser negativos o no para el desarrollo de un ecosistema, y en algunas ocasiones, pueden generar disturbio. Se considera como disturbio un evento relativamente discreto en el tiempo que altera la estructura y función del ecosistema, de la comunidad o de una población, a partir del cual se generan cambios en la disponibilidad de recursos, la viabilidad del sustrato o el medio ambiente físico (Pickett y White, 1985; Sousa, 1984).

Los factores tensionantes pueden afectar parte de un compartimento, un compartimento completo o todos sus compartimentos, y de acuerdo con esto, se pueden clasificar en graves, intermedios o leves (Brown y Lugo, 1994).

Barrera *et al.* (2002) puntualizaron que los tensionantes graves generan alteraciones drásticas, aceleradas, difícilmente reversibles y actúan a nivel de fuente de energía o entre la fuente de energía y el comportamiento de los productores (por ejemplo, eliminar la fuente de agua a un humedal, desviación de una quebrada, etc.). Los tensionantes intermedios actúan al nivel del comportamiento de los productores y descomponedores (ejemplo, uso de agentes contaminantes, la invasión de una especie exótica, la utilización de herbicidas). Los tensionantes suaves actúan a nivel del comportamiento de los consumidores (la proliferación de plagas, la aplicación de plaguicidas, el derrame de un contaminante); estos últimos pueden ser amortiguados por la capacidad de autorregeneración del ecosistema.

Los *factores potenciadores* son aquellas características internas y externas al sistema a restaurar que contribuyan a su restablecimiento (Barrera *et al.*, 2010).

La importancia relativa de los factores tanto limitantes como tensionantes varía enormemente dentro de una escala espacial y temporal pequeña; por esta razón, es fundamental evaluarlos en el sitio a restaurar para diseñar estrategias efectivas de restauración (Holl *et al.*, 2000). Para la determinación preliminar de los factores limitantes y tensionantes en el predio El Pensil de vereda Pirineos Bajo, se realizaron recorridos y se tuvo en cuenta la información de estudios anteriormente efectuados en el área.

## Factores limitantes

### Vegetación

En nuestro sitio de estudio, se observó una disminución de la cobertura vegetal arbustiva y arbórea, dominando una matriz de especies gramíneas

introducidas como *Pennisetum clandestinum* (figura 1). Esta matriz extensa de pastos alejada de fragmentos de vegetación nativa disminuye la posibilidad de llegada de semillas a los potreros, así como su incorporación en los suelos y su posible germinación debido a las condiciones poco favorables, lo cual se complementa por procesos como la compactación producida por el ganado (Holl *et al.*, 2000).

**Figura 1.** Zonas de pastizal alejadas de relictos de bosque o zonas que puedan aportar semillas para la germinación de especies nativas



**Fuente:** Beltrán (2014).

Igualmente, la presencia de especies exóticas puede llegar a impedir el reclutamiento de plántulas de especies arbóreas (Ceccon, 2013). Los principales limitantes para la restauración de los pastizales son la dominancia de pastos y hierbas invasoras como *Anthoxanthum odoratum*, *Lachemilla orbiculata*, *Taraxacum officinale*, las cuales son favorecidas por el pastoreo permanente, junto con las variaciones de humedad y temperatura (Vargas, 2007).

En la medida en que las fuentes de propágulos son eliminadas (semillas latentes que constituyen el banco de semillas y restos de troncos y raíces que pueden propagarse de forma vegetativa), la colonización de semillas es el único proceso que podría dar lugar a la sucesión natural. Sin embargo, en nuestro caso de estudio, este proceso no sería totalmente efectivo, debido, en primer lugar, a que las especies vegetales encontradas en los bancos de semillas no son propiamente nativas y, en segundo lugar, porque coberturas como el pastizal o la plantación carecen de especies nativas que puedan contribuir a la regeneración por vía vegetativa. Muchas

de las especies exóticas provenientes de los bancos de semillas son exitosas frente a procesos de competencia frente a las especies nativas, debido a que colonizan las áreas de forma más fácil, forman bancos de semillas persistentes y pueden crecer con limitaciones de nutrientes que puedan presentar los suelos (Holl, 1999; Vargas *et al.*, 2008).

La disponibilidad de semillas se puede caracterizar por tres componentes: la presencia, las ganancias y las pérdidas. La presencia se limita al banco de semillas viable, el cual puede ser alterado por la duración, intensidad y frecuencia de actividades agrícolas (Uhl *et al.*, 1981; Garwood, 1989). Las ganancias por la lluvia de semillas pueden ser afectadas por el tamaño, las características del sitio abierto y la disponibilidad de fuentes de semillas. Por último, las pérdidas de semillas viables pueden ser causadas por una amplia variedad de factores, como la germinación, el entorno desfavorable, los patógenos o la depredación (Hammond, 1995; Wijdeven y Kuzee, 2000).

Por su parte, coberturas como la de pastizal carecen de sitios resguardados para evitar que semillas que puedan arribar de lugares adyacentes sean removidas por el agua de escorrentía o el viento hacia otros lugares. Esta situación se puede observar en aquellas zonas donde la pendiente es fuerte y prolongada (Barrera *et al.*, 2009). Prácticamente, la lluvia de semillas es el único suministro con el que cuenta la restauración en el pastizal, pues los restos vegetativos y las plántulas originales son eliminados por las actividades asociadas a la ganadería; asimismo, muchas de las especies del banco de semillas presentan características exóticas propias de potreros y zonas igualmente disturbadas.

De acuerdo con algunos autores (Vargas *et al.*, 2008), existen principalmente tres factores que afectan la disponibilidad de propágulos. En primer lugar, está la reducción de la cantidad de parches del bosque y el tamaño de cada fragmento, lo que trae como consecuencia una disminución en la riqueza y diversidad de especies del bosque original. En segundo lugar, está la extensión de los pastizales, ya que las fuentes de semillas se encuentran muy distantes y las semillas tienen una dispersión limitada en área; en este sentido, la falta de dispersión de las semillas es el principal factor limitante para la regeneración de pastizales, se encuentra una relación inversa entre la distancia de las fuentes de semillas o los sitios de percha (Nepstad *et al.*, 1991; Holl, 1999; Wijdeven y Kuzee, 2000). El tercer factor es la transformación del paisaje, el cual afecta los vectores de dispersión, bien sea por cambios en el régimen de vientos, en el caso de la anemocoria, o al reducirse las fuentes de alimentación y los sitios de protección o de percha, en el caso de la zoocoria.

Para el caso de la cobertura de plantación contemplada en nuestro estudio, la presencia de especies arbóreas exóticas limita el incremento en la diversidad de especies nativas del sotobosque, ya que compiten con ellas o alteran las funciones del ecosistema, lo que dificulta el retorno y la expansión del ecosistema natural (Vitousek *et al.*, 1997).

### *Fauna*

La pérdida o disminución de la cobertura vegetal arbórea y arbustiva nativa reduce la calidad y cantidad de hábitats disponibles para la fauna, la oferta de alimentos y, asimismo, desaparecen especies fundamentales en los procesos de dispersión de semillas, polinización, herbivoría, etc., que facilitarían la recuperación del sistema natural (Bakker y van Diggelen, 2006).

La ausencia de animales dispersores es uno de los factores limitantes que más afecta la regeneración de los bosques y, en particular, las zonas disturbadas, debido a la modificación de la estructura y composición de la vegetación en potreros y áreas abiertas, lo que facilita que las fuentes de alimento para los dispersores disminuyan, así como los sitios de resguardo para posibles depredadores (Holl, 1999).

Igualmente, la gran mayoría de las semillas de los bosques tropicales presentan adaptaciones para la dispersión por parte de los animales (Howe, 1984); sin embargo, muchas aves de estos ecosistemas raramente incursionan en áreas abiertas (Cardoso de Silva *et al.*, 1996; Holl, 1999), debido a la falta de fuentes de alimento, sitios de perchas y el peligro de los depredadores (Nepstad *et al.*, 1996; Wijdeven y Kuzee, 2000). Además, algunos vectores en áreas abiertas, algunas aves o murciélagos, solo dispersan generalmente semillas pequeñas y livianas de especies pioneras diferentes a las semillas grandes y pesadas propias de las especies de bosque (Nepstad *et al.*, 1996; Wijdeven y Kuzee, 2000).

### *Suelo*

Desde el punto de vista funcional, el compartimento suelo es afectado por las actividades humanas, y modifica elementos propios del ecosistema, como minerales y materia orgánica; es el caso del pisoteo del ganado, donde se observan cambios de sus condiciones físicas y químicas. En el caso específico del pastoreo ocurrido en estas áreas de ladera con pendientes marcadas, se acelera la erosión laminar y pueden llegar a presentarse con el tiempo movimientos en masa. Por otro lado, la pérdida de nutrientes limita el establecimiento de las especies nativas (Aronson y Vallejo, 2006).

La compactación del suelo dificulta la regeneración de varias especies, ya que afecta el desarrollo de la planta a través de una mayor resistencia del suelo, disminución en la disponibilidad de oxígeno y por los cambios (aumento o disminución) en el almacenamiento y la disponibilidad de agua (Ceccon, 2003; Basset *et al.*, 2005). De la misma forma, la modificación en la estructura del suelo puede limitar el establecimiento de árboles, debido al incremento de la fuerza del suelo y la disminución en la disponibilidad de oxígeno y agua; es decir, al aumentar la resistencia mecánica del suelo y reducir el número de macroporos y su continuidad, la planta debe aumentar la fuerza para que la raíz penetre, lo que afecta su desarrollo (Basset *et al.*, 2005). Igualmente, la disminución en la porosidad del suelo afecta negativamente la presencia de artrópodos y organismos que promueven la formación de poros, lo cual afecta la infiltración del agua y provoca incrementos de la escorrentía superficial y, a la larga, la erosión de los suelos en zonas que originalmente estaban dedicadas a actividades asociadas a la ganadería (Risah *et al.*, 2004; Basset *et al.*, 2005).

En nuestro estudio, algunas de las zonas, principalmente en las coberturas de plantación y pastizal, presentan suelos erosionados, con pendientes pronunciadas, que podrían dificultar el establecimiento de nueva vegetación. Con la erosión del suelo, se remueve el material superficial rico en materia orgánica y nutrientes disponibles para las plantas; se disminuye la profundidad efectiva, la capacidad de retención de agua, y se degrada la estructura del suelo (Poudel *et al.*, 1999). En este sentido, las pendientes fuertes limitan la retención de la humedad, el suelo y la biomasa, y pueden incrementar las pérdidas constantes de agua por drenaje, erosión y lavado (figura 2).

### Clima

En los ambientes andinos, la flora tuvo que adaptarse a condiciones limitantes, como el agua, la radiación y la amplitud térmica, a partir de un variado número de nichos ecológicos que se han conformado por la interacción de varios factores ambientales, entre otros, la gradiente térmica causada por la altitud, la humedad y los gradientes estacionales producto de las diferencias latitudinales (Cuesta *et al.*, 2012).

Existe un marcado efecto de las condiciones microclimáticas sobre la germinación de semillas en pastizales abandonados en los trópicos (Holl, 1999), principalmente en épocas secas; asimismo, se puede sugerir que las altas temperaturas y la baja humedad en estos pastizales podrían generar un estrés hídrico a las plantas nativas y condicionar tanto la germinación como el desarrollo. Asimismo, se

identifican los vientos y las heladas como factores que limitan el crecimiento de las especies.

**Figura 2.** La fuerte pendiente y la ocurrencia de procesos erosivos limitan el mantenimiento de agua y suelo en las áreas de la finca El Pensil



**Fuente:** Beltrán (2014).

## Factores tensionantes

De acuerdo con Brown y Lugo (1994), no se identifican tensionantes (graves) que provoquen efectos difícilmente reversibles, pero sí una gran variedad de tensionantes intermedios y leves que de continuar presentándose afectarán el establecimiento en las áreas disturbadas, el costo de su recuperación será muy alto y su probabilidad muy baja. De acuerdo con nuestro diagnóstico, en la finca El Pensil se determinaron los siguientes tensionantes intermedios.

### *Asociados al pastoreo*

Contaminación de los nacimientos por el ganado que toma agua directamente del sitio.

- El pisoteo de los animales y el peso del ganado generan compactación del suelo.
- El ramoneo de la vegetación nativa.
- Los desechos fecales del ganado contaminan las fuentes hídricas (figura 3).

**Figura 3.** Fenómenos como la compactación del suelo, el ramoneo y la contaminación por desechos del ganado contribuyen a tensionar el ecosistema en proceso de restauración



**Fuente:** Beltrán (2014).

### *Actividades agrícolas*

El uso prolongado de la tierra altera de manera drástica el suelo hasta transformar en mayor o menor proporción sus cualidades originales; por lo tanto, la intensidad del uso, el manejo y el tiempo de explotación son factores que pueden determinar la trayectoria de la sucesión, el tiempo o la velocidad en que esta suceda y el grado de fragmentación de las áreas aledañas con vegetación natural (Holl *et al.*, 2000). Por esta razón, la tala rasa y las actividades agrícolas posteriores pueden limitar tanto la recuperación como la diversidad de los bosques (Uhl *et al.*, 1988; Aide *et al.*, 1995).

En el caso de nuestro sitio de estudio, este ha sufrido un régimen de disturbio por actividades agrícolas y pecuarias por un lapso no inferior a treinta años, lo que ha provocado, en muchas de sus zonas, la pérdida de las cualidades propias del ecosistema subandino (figura 4).

**Figura 4.** Existencia de cultivos en la finca El Pensil



**Fuente:** Beltrán (2014).

Igualmente, se encuentran tensionantes, como el peso de la maquinaria que ara el suelo, que, por lo tanto, se compacta; vertimiento de altas concentraciones de agroquímicos al suelo y a los cuerpos de agua; siembra al borde de las quebradas, eliminando la vegetación riparia nativa.

Como tensionantes suaves se podrían definir las plagas que atacan actualmente a los cultivos y la aplicación de plaguicidas, sobre lo cual se desconoce la capacidad de amortiguación del sistema a estos.

### *Falta de fuentes de semillas*

Al no existir remanentes del bosque original, las posibilidades de regeneración natural se limitan a las semillas existentes en el banco del suelo (Ceccon *et al.*, 2006), que, en nuestro caso, en gran parte corresponden a especies exóticas. En otras circunstancias, la falta de animales (aves, mamíferos), que dispersen las semillas provenientes de bosques subandinos cercanos, facilita una regeneración natural, en donde las especies privilegiadas sean aquellas cuyas semillas son dispersadas por el viento (Ceccon y Hernández, 2009).

### *Carencia de bosques con alta diversidad de especies*

Existe suficiente evidencia, basada en la caracterización de la vegetación y de los bancos de semillas, de que los bosques remanentes se encuentran degradados y posiblemente afectados por efectos de borde o que han sido modificados por acciones antrópicas, lo que puede reducir la diversidad de especies para la regeneración (Ceccon y Hernández, 2009).

## Factores potenciadores

Los elementos que podrían servir en nuestro estudio como factores potenciadores para el inicio de la recuperación o de la sucesión son aquellas zonas consideradas como “conservadas”, las cuales sirven de fuentes de propágulos, de aquellas especies nativas que puedan llegar a las zonas abiertas y, de esta forma, iniciar la revegetalización en estos sitios (figura 5).

**Figura 5.** La presencia de relictos de bosque contribuye al aporte de propágulos de especies nativas



**Fuente:** Beltrán (2014).

## Control de factores limitantes, tensionantes y potenciadores

### Control de factores limitantes

#### *Para el comportamiento suelo*

La recomendación es abonar el suelo, a partir de la adición de materia orgánica o abono orgánico. Igualmente, diseñar un plan de manejo para la protección de las coberturas vegetales nativas existentes.

#### *Para el comportamiento vegetación*

Evitar la tala de especies nativas y, al mismo tiempo, promover la reintroducción de especies y aquellas desaparecidas de la zona, que puedan atraer aves y mamíferos

con los recursos ofertados (frutos y semillas), lo que podría llevar al aumento en la regeneración de especies provenientes de bosques mejor conservados (Ceccon, 2013).

Igualmente, a partir de la caracterización florística o de revisión de información secundaria, se pueden utilizar aquellas especies de origen nativo que puedan facilitar la sucesión a partir de enfoques fitosociológicos y funcionales implantados en las áreas disturbadas. Lo anterior ayudará a determinar, en términos prácticos, qué tipo de vegetación y número de individuos por especie podrían contribuir a dicho proceso sucesional.

Promover la complejidad estructural en los sitios disturbados contribuye a los procesos de regeneración y a la recuperación en condiciones favorables de los ecosistemas (Parrotta *et al.*, 1997; Holl *et al.*, 2000; Lamb *et al.*, 2005; Barrera *et al.*, 2009). En el caso de pastizales, se ha demostrado que la presencia de árboles y arbustos aumenta la frecuencia de visitas de aves que promueven la dispersión de semillas en comparación con áreas abiertas aledañas (McDonnell y Stiles, 1983; Nepstad *et al.*, 1991; Holl *et al.*, 2000). Por otro lado, se ha reportado mayor regeneración natural en plantaciones en comparación con áreas abiertas sin plantaciones (Zamora y Montagnini, 2007).

### *Para el compartimento fauna*

Se deben proteger las coberturas nativas que sirven como refugio y fuente de alimento para la fauna. Igualmente, sembrar aquellas especies que sean atractivas para las especies animales con frutos comestibles. Por último, promover una cultura de no a la caza de especies que puedan contribuir al proceso de restauración.

### *Control de factores tensionantes*

#### *Asociados al pastoreo*

El proceso de restauración se puede facilitar con la protección de las coberturas nativas mediante cercado y aislamiento de interferencias como el ganado a partir de cercas vivas. Igualmente, se pueden utilizar bebederos para que el ganado no contamine los cuerpos de agua ni dañe sus nacimientos, implementar sistemas silvopastoriles e introducir árboles y arbustos dispersos en los potreros.

#### *Actividades agrícolas*

Es importante la rotación de los cultivos, así como respetar las zonas de ronda, el no uso de agroquímicos, además de la siembra de especies nativas y el establecimiento de cercas vivas de protección tanto de la vegetación como de los cuerpos de agua.

### *Implementación de estrategias de nucleación*

Consiste en la formación de microhábitats para la llegada de especies animales y vegetales, que en un proceso sucesional aumentan la probabilidad de ocurrencia de relaciones interespecíficas (Yarrantón y Morrison, 1974; Ceccon, 2013). Con el paso de tiempo, estos núcleos se pueden expandir e incrementar, y crear conexiones entre el área degradada y los fragmentos de bosque adyacentes (Ceccon, 2013). Algunas de las técnicas de nucleación que podrían ser utilizadas en el área de estudio en donde se podrían utilizar los factores potenciadores disponibles son (Ceccon, 2013):

Trasposición de suelo: se busca la restauración del suelo con su micro, meso y macro fauna/flora (semillas, propágulos, microorganismos, hongos, bacterias, lombrices, algas), para algunos núcleos de áreas degradadas. Se sugiere el transporte de porciones superficiales de 1 m<sup>2</sup> de suelo de las áreas remanentes de bosques naturales.

Trasposición de plántulas germinadas de la lluvia de semillas: puede consistir en la captura de propágulos, germinados en los bosques nativos remanentes y su transporte a un invernadero para la producción de plántulas.

Perchas artificiales: el aprovechamiento de residuos vegetales, como postes y ramas, podrían ser utilizados como estructuras que sirvan para perchas de pájaros y murciélagos, y de esta manera acumular semillas provenientes de bosques próximos. La presencia de parches de bosque asegura la disponibilidad de semillas de especies nativas; sin embargo, muchas de ellas no llegan a los potreros debido a que son dispersadas por aves que evitan estar en zonas abiertas donde pueden estar más expuestas a depredadores; por tal razón, las perchas se constituyen en una forma de aumentar la frecuencia de visitas y, así, promover una dispersión más efectiva.

Mantenimiento de “plantas niñeras”: en muchas zonas de potreros, se destinan algunos árboles para dar sombra al ganado y, de esta forma, permitir que tanto la temperatura como la irradiación sean menores con respecto a las zonas abiertas de los potreros. Igualmente, estos individuos pueden llegar a contribuir al enriquecimiento de los suelos, a partir de la producción de hojarasca y el mantenimiento de la humedad para acelerar el ciclo de nutrientes; limitan la competencia con otras especies como las gramíneas al restringir la entrada de luz directa que facilite su desarrollo normal y facilitan la dispersión de semillas, ya que sirven de perchas naturales para especies de aves y murciélagos, entre otros (Holl, 2000; Vargas *et al.*, 2008).

## Referencias

- Aide, M., Zimmerman, J. K., Herrera, L., Rosario, M. y Serrano, M. (1995). Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management*, 77, 77-86.
- Aronson, J. y Vallejo, R. 2006. Challenges for the practice of ecological restoration. In J. Van Andel y J. Aronson (Eds.), *Restoration ecology: The new frontier*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Bakker, J. P. y Van Diggelen, R. (2006). Restoration of dry grasslands and heathlands. En J. van Andel y J. Aronson (Eds.), *Restoration ecology: The new frontier*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Barrera-Cataño, J. I. (2009). Barreras al establecimiento natural y a la restauración ecológica de áreas afectadas por minería a cielo abierto. En J. I. Barrera-Cataño, S. Contreras-Rodríguez, A. Ochoa-Carreño, N. Perilla-Castro, N. Garzón-Yepes y D. C. Rondón-Camacho (Eds.), *Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto* (pp. 35-44). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Barrera, J. I. y Ríos, H. F. (2002). Acercamiento a la ecología de la restauración. *Perez-Arbelaezia*, (13), 13-46.
- Barrera, J. I. y Valdez, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientarum*, 12(II), 11-24.
- Barrera, J., Ríos, F. y Pinzón, C. (2002). Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el retamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros de Bogotá. *Revista Pérez Arbelaezia*, 13, 55-71.
- Barrera, J., Contreras, S., Ochoa, A., Perilla, S. y Rondón, D. (2009). Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto. Bogotá: Javegraf.
- Barrera, J. I., Contreras, S. M., Garzón, N. V., Moreno, A. C. y Montoya, S. P. (2010). *Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)-Pontificia Universidad Javeriana (PUJ).
- Basset, I. E., Simcock, R. C. N. y Mitchell, D. (2005). Consequences of soil compaction for seedling establishment: Implications for natural regeneration and restoration. *Austral Ecology*, 30(8), 827-833.
- Brown, S. y Lugo, A. (1994). Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restorat. Ecol.*, 2, 97-111.

- Cardoso da Silva, J. M., Uhl, C. y Murray, G. (1996). Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned Amazonian pastures. *Cons. Biol.*, 10, 491-503.
- Ceccon, E. (2013). *Restauración de bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Ceccon, E. y Hernández, P. (2009). Seed rain dynamics following disturbance exclusion in a secondary tropical dry forest in Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 57(1-2), 257-269.
- Ceccon, E., Huante, P. y Rincón, E. (2006). Abiotic factors influencing tropical dry forest regeneration. *Brazilian Archives of Biology and Technology-BABT*, 49(2), 305-312.
- Cuesta, F., Muriel, P., Beck, S., Meneses, I., Halloy, S., Salgado, S., Ortiz, E. y Becerra, M. T. (Eds.). (2012). *Biodiversidad y cambio climático en los Andes tropicales-conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación*. Lima-Quito: Red Gloria Andes.
- Garwood, C. (1989). Tropical soil seed banks: A review. In M. A. Leck, V. T. Parker y R. L. Simpson (Eds.), *Ecology of soil seed banks*. London: Academic Press.
- Hammond, D. S. (1995). Post-dispersal seed and seedling mortality of tropical dry forest trees after shifting agriculture, Chiapas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 11, 295-313.
- Holl, K. D. (1999). Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica*, 31(2), 229-242.
- Holl, C., Loik, M., Lin, E. y Samuels, I. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal establishment. *Restoration Ecology*, 8(4), 339-349.
- Howe, H. F. (1984). Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. *Biology Conservation*, 30, 261-281.
- Lamb, D., Erskine, P. y Parrotta, J. (2005). Restoration of degraded forest landscapes. *Science*, 310, 1628-1632.
- McDonnell, M. y Stiles, E. (1983). The structural complexity of old field vegetation and the recruitment of bird-dispersed plant species. *Oecologia*, 56, 109-116.
- Nepstad, D., Uhl, C. y Serrão, E. (1991). Recuperation of a degraded Amazonian landscape: Forest recovery and agricultural restoration. *Ambio*, 20, 248-255.

- Nepstad, D. C., Uhl, C., Pereira, C. A. y Cardoso Da Silva, J. M. (1996). A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos*, 76, 25-39.
- Parrotta, J., Turnbull, J. y Jones, N. (1997). Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99, 1-7.
- Picket, S. y White, P. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo and Toronto: Academic Press.
- Poudel, D., Midmore, D. J. y West, L. T. (1999). Erosion and productivity of vegetable systems on sloping colcanic ash derived Philippine soils. *Soil Science Society American Journal*, 69, 1376-1376.
- Risah, V., Florentine, S. K., Williams, B. L. y Westbrooke, E. (2004). The impact of deforestation and pasture abandonment on soil properties in the wet tropics of Australia. *Geoderma*, 120, 35-45.
- Sousa, W. P. (1984). The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecological Systems. Annual Reviews Inc.*, 15, 353-391.
- Uhl, C., Buschbacher, R. y Serrao, E. A. S. (1988). Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology*, 76, 663-681.
- Uhl, C., Clark, K., Clark, H. y Murphy, P. (1981). Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro región of the Amazon Basin. *Journal Ecology*, 69, 631-649.
- Vargas, O. (Ed.). (2007). *Restauración ecológica del bosque altioandino: estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del embalse de Chisacá, localidad de Usme*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O., Díaz, A., Trujillo, L., Velasco, P., Díaz, R., León, O. y Montenegro, A. (2008). Barreras para la restauración ecológica. En O. Vargas (Ed.), *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino: el caso de la Reserva Forestal municipio de Cogua, Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Vitousek, P., D'Antonio, C., Loope, L., Rejmanek, M. y Westbrook, R. (1997). Introduced species: A significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1), 1-16.

- Wijdeven, S. M. J. y Kuzee, M. E. (2000). Seed availability as a limiting factor in forest recovery processes in Costa Rica. *Restoration Ecology*, 8(4), 414-424.
- Yarranton, G. A. y Morrison, R. G. (1974). Spatial dynamics of a primary succession: Nucleation. *Journal of Ecology*, 62, 417-428.
- Zamora, C. y Montagnini, F. (2007). Seed rain and seed dispersal agents in pure and mixed plantations of native trees and abandoned pastures at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Restoration Ecology*, 15(3), 453-461.

## Epílogo

Luego de la culminación y el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación “Caracterización y análisis diagnóstico para la restauración ecológica de áreas degradadas por procesos antrópicos en la finca El Pensil del municipio de San Bernardo (Cundinamarca-Colombia)” y en el marco de los procesos asociados a los disturbios que alteran el equilibrio de los ecosistemas e impiden el proceso de sucesión natural, especialmente en el contexto de los Andes colombianos, son muchas las tareas que quedan pendientes encaminadas a facilitar la recuperación del área objeto del diagnóstico realizado. Por lo anterior, se sugiere dar continuidad al proceso iniciado con actividades, como la regeneración de suelos; la recuperación, propagación y siembra de especies nativas; la protección de cuencas de agua; el control de factores limitantes y tensionantes, y el aprovechamiento de factores potenciadores, entre otros. Igualmente, como elemento esencial a futuro para el éxito de procesos de restauración, se sugiere comenzar un trabajo de conocimiento y socialización con las comunidades implicadas con estos fenómenos de disturbio, con el fin de informar y generar relevancia sobre este tipo de procesos, los cuales buscan mitigar el impacto que el ser humano ha generado en ecosistemas con aptitud productiva y que han sido alterados negativamente como producto de la mala gestión del territorio. Por último, a nivel académico, se destaca la importancia de la formación y el trabajo con los estudiantes a partir de la vinculación a grupos, en donde puedan materializar los procesos encaminados a la producción de nuevo conocimiento y a la resolución de problemas de contexto que contribuirán a su desarrollo profesional futuro y a la posibilidad de trascender en procesos investigativos de mayor relevancia.



## **Autor**

### **Héctor Edwin Beltrán-Gutiérrez**

Licenciado en Biología, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; especialista en Derecho Ambiental, de la Universidad INCCA de Colombia y magíster en Ciencias Biológicas, de la Pontificia Universidad Javeriana. Profesor asociado tiempo completo, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; investigador Junior Colciencias; director del Grupo de Investigación en Calidad Ambiental y autor de publicaciones en ciencias naturales, educación ambiental y restauración ecológica, entre las cuales están: “Caracterización de invasiones de *Ulex europaeus* L. de diferentes edades como herramienta para la restauración ecológica de bosques altoandinos” (2014), “Herramientas para la caracterización de comunidades de *Ulex europaeus* en un contexto de restauración ecológica del bosque altoandino” (2015), “Herramienta de decisión para la gestión de áreas afectadas por invasiones biológicas en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos” (2015).



Este libro se  
terminó de imprimir  
en abril del 2017  
en la Editorial UD  
Bogotá, Colombia