



## CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE FRAGMENTOS DE BOSQUE ALTOANDINO EN LOS ALREDEDORES DE LA SABANA DE BOGOTÁ

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Somos el Instituto Nacional de la Biodiversidad

NIT 820000142-2

Sede principal: Calle 28A #15-09 Bogotá DC, Colombia

PBX: (57)(1) 320 2767

[www.humboldt.org.co](http://www.humboldt.org.co)

    Instituto Humboldt

## CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE FRAGMENTOS DE BOSQUE ALTOANDINO EN LOS ALREDEDORES DE LA SABANA DE BOGOTÁ

### PARCELAS PERMANENTES DEL PROYECTO RASTROJOS

(Contrato No.: 21-12-0051-403PS para “realizar los censos de parcelas permanentes de vegetación en fragmentos de bosques ubicados en Guasca, San Francisco, Soacha y los Cerros Orientales de Bogotá” entre el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Juan Camilo Muñoz Camacho.)

Juan Camilo Muñoz\*

<https://orcid.org/0000-0002-0003-9285>

Supervisora: Ana Belén Hurtado Martilletti, investigadora asistente  
Programa Ciencias Básicas de la Biodiversidad

\* Fundación Humedales. Correo electrónico: [juancamilo.m23@gmail.com](mailto:juancamilo.m23@gmail.com)

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt  
Bogotá, D.C., 2021

## Catalogación en la fuente.

Muñoz, Juan Camilo

Caracterización y monitoreo en fragmentos de bosque altoandino en los alrededores de la Sabana de Bogotá. Parcelas permanentes del Proyecto Rastrojos = High-Andean forest fragments characterization and monitoring in the Sabana de Bogotá and its surroundings. Rastrojos Project Permanent Plots/ Juan Camilo Muñoz. – Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2021.

24 p.: il.; 28 x 21.5 cm. + 1 CD ROM  
Incluye bibliografía, tablas, fotos a color

1. Bosque altoandino. – 2. Monitoreo vegetación. – 3. Parcelas permanentes. – 4. Regeneración de bosques. – 5. Sabana de Bogotá. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt II. High-Andean forest fragments characterization and monitoring in the Sabana de Bogotá and its surroundings.

## Como citar este documento:

Muñoz, J.C. & A.B. Hurtado (2021). Caracterización y monitoreo en fragmentos de bosque altoandino en los alrededores de la Sabana de Bogotá. Parcelas permanentes del Proyecto Rastrojos. Informe técnico. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

## Resumen

El Proyecto Rastrojos es una iniciativa para el estudio de fragmentos de bosque altoandino en diferentes etapas de sucesión que se encuentran dispersos por los cerros que rodean la Sabana de Bogotá, en lugares que han logrado mantener un buen estado de conservación pese a las altas tasas de transformación del paisaje que ocurren en la región. El Proyecto genera información práctica para entender las dinámicas sucesionales de estos bosques mediante la caracterización florística y el monitoreo de los cambios en su composición y estructura. En el presente informe se presentan resultados preliminares del monitoreo de parcelas permanentes de cuatro localidades del proyecto (ubicadas en los municipios de Soacha, San Francisco, Guasca y los cerros orientales de Bogotá), las cuales fueron recensadas durante el segundo semestre del año 2021.

**Palabras clave:** parcelas permanentes, bosque altoandino, monitoreo vegetación, Sabana de Bogotá

## Abstract

The Rastrojos Project is an initiative to study high-Andean forest fragments, in different stages of succession, located in the surroundings of the Sabana de Bogota. These fragments exhibit a good state of preservation despite high rates of landscape transformation at regional scale. The Project generates practical information to get a better understanding of successional dynamics of these forests. For this purpose, floristic characterization, composition and structure monitoring are being conducted in permanent vegetation plots. This report presents preliminary results obtained during plot census conducted in the second semester of 2021 at four localities of the project (Soacha, San Francisco, Guasca and Bogotá).

**Keywords:** permanent vegetation plots, high-Andean forests, forest monitoring, Sabana de Bogotá

## PAGINA DE CONTENIDOS

	<b>Contenido</b>	
<b>Resumen</b> .....		<b>4</b>
<b>Abstract</b> .....		<b>4</b>
<b>Introducción</b> .....		<b>6</b>
<b>Objetivos</b> .....		<b>7</b>
Objetivo General.....		7
Objetivos Específicos .....		7
<b>Justificación</b> .....		<b>7</b>
<b>Metodología</b> .....		<b>8</b>
<b>Resultados</b> .....		<b>12</b>
<b>Conclusiones</b> .....		<b>17</b>
<b>Agradecimientos</b> .....		<b>17</b>
<b>Bibliografía</b> .....		<b>19</b>
<b>Anexo 1.</b> .....		<b>21</b>

## Introducción

Los bosques andinos constituyen uno de los ecosistemas más ricos y biodiversos del mundo (Karger *et al.* 2021), y al mismo tiempo son considerados ecosistemas estratégicos por su capacidad para generar bienes y servicios ambientales. De particular interés en el contexto de cambio climático es su capacidad para regular ciclos hidrológicos y mitigar procesos de erosión (Bonnesoeur *et al.* 2019), así como su función crítica en la captura de carbono (Duque *et al.* 2021).

El paisaje que rodea la Sabana de Bogotá conserva remanentes de bosques altoandinos que han logrado preservarse pese a la alta tasa de transformación de las últimas décadas (Cortés 2018), ocasionada entre otras razones por ser el área que alberga la mayor cantidad de población del país. Si bien las predicciones de transformación del paisaje de la Sabana indican que la transformación continuará, lo que puede implicar una disminución en la oferta de servicios ambientales (Clerici *et al.* 2019), existe una evidencia creciente que algunas coberturas de vegetación nativa se están recuperando en ventanas geográficas específicas de la región (Mendoza & Etter 2002, Rubiano *et al.* 2017, Calbi *et al.* 2020). En estas áreas, se han logrado preservar remanentes de bosques que se encuentran en diversos estados de sucesión y son de gran interés para mantener la diversidad florística y funcional de estos ecosistemas (Hurtado *et al.* 2021, Rodríguez *et al.* 2018).

La importancia de estos ecosistemas y la complejidad de sus patrones de transformación hace que sea relevante desarrollar estudios para comprender las dinámicas ecológicas que en ellos se presentan (Rubiano *et al.* 2017). Una de estas dinámicas es el cambio en el ensamblaje de las comunidades a través de la sucesión natural. Con un apropiado entendimiento de la sucesión se pueden plantear mejores estrategias para recuperar ecosistemas, bien sea porque se establecen buenos fundamentos para proceder con una estrategia de restauración pasiva o para generar marcos de referencia en los casos que la restauración activa se presente como la alternativa más indicada. Otras dinámicas que se pueden estudiar son los cambios en la estructura de los bosques y las tasas a las que se presentan, de las cuáles se puede derivar información importante como es la captura de carbono (*e.g.* Duque *et al.* 2021), y que sin lugar a duda son aportes fundamentales a las agendas de acción en planes de mitigación ante el cambio climático.

Una de las herramientas más utilizadas para evaluar las dinámicas ecológicas es el monitoreo a través de parcelas permanentes de vegetación. El conjunto de parcelas usadas en el presente trabajo hace parte de la red de parcelas del Proyecto Rastrojos que inició en el año 2013 como una colaboración entre la Universidad Javeriana, la Universidad del

Rosario y el Instituto Humboldt para el estudio de los remanentes de bosque altoandino en las cercanías de la Sabana de Bogotá y que se encuentran en diferentes etapas del proceso de sucesión vegetal. En este informe técnico se presentan algunos de los resultados obtenidos del censo de cuatro de las localidades del Proyecto Rastrojos llevadas a cabo en el segundo semestre del 2021.

## Objetivos

### Objetivo General

Realizar los censos de 24 parcelas permanentes de vegetación en fragmentos de bosques ubicados en Guasca, San Francisco, Soacha y los Cerros Orientales de Bogotá

### Objetivos Específicos

Marcar, medir e identificar todos los individuos en las parcelas de acuerdo a la metodología establecida para el monitoreo de parcelas permanentes del Proyecto Rastrojos.

Colectar material fértil de individuos de los lugares del estudio para depositar en el Herbario Federico Médem Bogotá – FMB.

Incorporar las bases de datos y la información generada a la infraestructura institucional de datos I2D del Instituto Humboldt

## Justificación

El programa de Ciencias Básicas de la Biodiversidad realiza y promueve investigación que aporta información y conocimiento pertinente a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad de Colombia, con especial interés en ecosistemas estratégicos del país, teniendo en cuenta un marco de cambio global y con base en su vulnerabilidad ante procesos de transformación. Para ello el programa se encarga, entre otras líneas de investigación, de generar estudios que evalúen la composición, la estructura, la dinámica y el funcionamiento de estos ecosistemas.

Este trabajo busca aportar a la agenda de investigación de la alta montaña en Colombia, particularmente en el ecosistema de bosque altoandino. En el presente caso se estudian fragmentos de este ecosistema localizados en los alrededores de la Sabana de Bogotá. El conjunto de parcelas permanentes establecido en las localidades estudiadas constituye una

plataforma para el monitoreo de este ecosistema en la región y constituye un avance importante para estudiar las dinámicas ecológicas de estos bosques.

El objeto de este estudio proporciona un insumo para alcanzar el cumplimiento de la meta INV21-8 “Conjunto de herramientas para la implementación y la evaluación de estrategias de conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el ámbito sectorial” de la línea 5, establecida en el POA 2021.

## Metodología

### *Lugar de estudio*

Las localidades estudiadas se encuentran en distintos sectores de los cerros de la región de la Sabana de Bogotá. Son áreas de montaña, en algunos casos de fuertes pendientes, de clima frío, y a altitudes superiores a los 2600 msnm. Todas mantienen relictos de bosque altoandino en buen estado de conservación (tabla 1, figura 1).

La primera localidad se encuentra en el municipio de Guasca, en la vereda Trinidad, en bosques que hacen parte de la Reserva Biológica El Encenillo. Es un área protegida privada de la sociedad civil administrada por la Fundación Natura. Previo a su formalización como área protegida, la zona fue objeto de actividades mineras para la extracción de roca caliza. Es la localidad del proyecto Rastrojos que se encuentra a mayor altitud.

La segunda localidad se encuentra en Torca, jurisdicción de Bogotá, en la parte de los cerros orientales de la ciudad hacia su extremo norte. En la actualidad las áreas donde se encuentran las parcelas hacen parte de predios privados de conjuntos residenciales que están comprometidos con la conservación de estos fragmentos de bosque.

La tercera localidad se encuentra en el municipio de San Francisco, en la vereda Sabaneta. Los bosques se encuentran en predios privados de producción ganadera (colectivamente conocidos como Chuguacá) en las fincas Siberia, los Amarillos y Chulajuan. Estas fincas conforman áreas protegidas bajo la figura de Reserva Natural de la Sociedad Civil y sus propietarios están igualmente comprometidos con la conservación de los fragmentos de bosque como estrategia para mantener la integralidad ecológica, y así el apropiado funcionamiento de su actividad productiva.

La cuarta localidad se encuentra en el municipio de Soacha, en la vereda Canoas, hacia el sector más bajo de la parte alta de la cuenca del río Bogotá, es decir, al final de su recorrido por la Sabana de Bogotá y antes de su caída por la Falla del Tequendama. Los bosques de esta localidad constituyen la transición ecológica de los bosques nublados de esta Falla y



los sectores subxerofíticos de Mondoñedo. El área de estudio fue ocupada por plantaciones de eucaliptos hace varias décadas, pero los propietarios han permitido la recuperación del bosque a través de regeneración natural y gran parte del área esta dedicada exclusivamente a la preservación de las coberturas nativas.

Tabla 1: Ubicación de las parcelas permanentes del Proyecto Rastrojos evaluadas en este estudio

Lugar	Número de parcela	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Reserva Encenillo (Guasca)	3	4°47'20,31"N	73°54'31,81"O	3140
	4	4°47'28,66"N	73°54'25,88"O	3085
	5	4°47'24,12"N	73°54'31,33"O	3105
	6	4°47'26,60"N	73°54'25,90"O	3095
	15	4°47'16,5"N'	73°54'15,4"O	3075
	16	4°47'05,2N"	73°54'13,8"O	3115
Torca (Bogotá, D.C.)	11	4°48'48,67N"	74°0'58,527"O	2945
	12	4°48'47,93N"	74°0'56,997"O	2965
	13	4°48'31,21N"	74°1'19,178"O	2705
	14	4°48'45,91N"	74°0'58,852"O	2940
	17	4°49'30,41N"	74°01'02,49"O	3030
	18	4°50'00,4N"	74°01'08,8"O	2820
Chuguacá (San Francisco)	35	4°53'2.15"N	74°16'51.66"O	2990
	36	4°52'56.57"N	74°16'48.93"O	2980
	37	4°53'22.39"N	74°17'12.86"O	2810
	38	4°53'19.63"N	74°17'16.59"O	2760
	39	4°53'13.79"N	74°16'46.64"O	3015
	40	4°53'14.79"N	74°16'55.25"O	2910
Bosques de Canoas (Soacha)	23	4°36'55.54"N	74°18'8.32"O	2675
	24	4°36'59.82"N	74°18'2.42"O	2665
	25	4°36'46.74"N	74°18'6.39"O	2670
	26	4°36'55.22"N	74°18'2.68"O	2665
	27	4°37'7.25"N	74°18'17.97"O	2680
	28	4°37'8.46"N	74°18'8.98"O	2650



Figura 1. Fotografías de los bosques estudiados. Izquierda: Torca (Bogotá), derecha: Bosques de Canoas (Soacha).

### ***Parcelas permanentes***

La red de parcelas permanentes del Proyecto Rastrojos inició actividades en el 2013. Las primeras parcelas fueron establecidas ese año y han sido recensadas en distintas oportunidades hasta la actualidad. Las parcelas más recientes (Soacha, San Francisco) fueron establecidas en el año 2017 y en este trabajo se realiza su primer censo.

Para la instalación de las parcelas permanentes en cada localidad se hicieron recorridos previos y se consultó a los propietarios y habitantes de la región la historia de las coberturas naturales en un intento de distinguir las zonas con mayor y menor intervención, particularmente para discriminar áreas con edades avanzadas y edades recientes en procesos de regeneración natural. En cada localidad se establecieron seis parcelas de 20 x 20 m de tal forma que tres se localizaran en coberturas de bosques jóvenes y tres en coberturas de bosques maduros.

La caracterización y monitoreo de la vegetación adulta se ha realizado siguiendo las indicaciones de Vallejo *et al.* (2005) y la metodología establecida para parcelas del Proyecto Rastrojos (Hurtado *et al.* 2021). Las parcelas fueron demarcadas con tubos de PVC y fibra sintética. Las placas de identificación de los individuos se hicieron en aluminio de 0,4 mm de espesor siguiendo la numeración del Proyecto Rastrojos. Todos los individuos con un diámetro igual o mayor a 5 cm medido en la base del tronco por encima de 5 cm del suelo (DAB: diámetro a altura basal) y sus tallos con un diámetro igual o mayor a 2,5 cm a la altura del pecho (DAP) fueron incluidos. En cada nuevo censo se toma

la medida de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) con cinta métrica y se pinta esa circunferencia para futuros censos (figura 2). De manera visual se estima la altura.

Se realizaron colectas de especímenes para corroborar la identificación en campo con material de herbario, literatura especializada y expertos de la flora de la región. Las colectas en estado fértil han sido depositadas en el Herbario Federico Médem Bogotá –FMB bajo la numeración de Juan Camilo Muñoz (JCM). El tratamiento taxonómico sigue la nomenclatura del Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal *et al.* 2019).



Figura 2. Ejemplo del marcaje y numeración de los individuos adultos en las parcelas permanentes

### ***Índices de diversidad y de valor de importancia***

Para visualizar las diferencias de la composición florística entre localidades, se realizó un acercamiento mediante el cálculo de índices de diversidad y el índice de valor de importancia de la especie (IVI). Para la diversidad, se calcularon los siguientes índices: la riqueza de especies (promedio de especies por parcela), el índice de diversidad de Shannon ( $H' = - \sum p_i \times \ln p_i$ ) y el índice de diversidad de Simpson ( $1/D$ , donde  $D = \sum p_i^2$ ), en los cuales  $p_i$  es la proporción de la  $i$ -ésima especie en una parcela. Por su parte, el IVI se definió como  $IVI = Do + De + Fr$  (en valores porcentuales), donde  $Do$  es la dominancia relativa (área de la especie/suma del área de todas las especies),  $De$  es la densidad relativa (número de individuos de la especie/número de todos los individuos), y  $Fe$  es la frecuencia relativa (número de ocurrencias de una especie/número de ocurrencias de todas las especies). Para el cálculo de la dominancia relativa se usó el estimativo del área basal, inferido de la CAP medida en campo.

### *Tasas de crecimiento*

Si bien la intención de este informe no es presentar análisis de crecimiento ya que esto será reportado en futuras ocasiones, se calcularon y se reportan algunos estadísticos muestrales, particularmente de las tasas de crecimiento de las especies, inferidas de la medida tomada de la CAP y sus cambios a través del tiempo. Para ello se compararon los resultados del censo de este año con censos de hace 5-6 años para las localidades de Guasca y Torca y censos de hace 4 años para las localidades de Canoas y San Francisco.

### **Resultados**

A la fecha, el proyecto ha registrado en estas cuatro localidades 2986 individuos adultos. Para el presente censo 146 de estos registros constituyen nuevos reclutas de la población forestal de muestreo. La localidad con más individuos es Guasca (975), seguida de Torca (742), Chuguacá (687) y finalmente Canoas (582). La totalidad de registros efectuados en este censo, considerando que gran parte de los elementos florísticos de este ecosistema son plantas de varios tallos, es de 4626. De este número, 3351 (72,4%) son registros de tallos aún vivos, 1047 (22,6%) tallos que han presentado mortalidad desde lo corrido del inicio del proyecto y 228 (4,9%) nuevos registros.

### *Riqueza y diversidad florística*

En la tabla 2 se presenta la riqueza taxonómica encontrada en cada localidad. Durante este recenso se registraron 143 especies de plantas en estado adulto. Esta diversidad se distribuye en 53 familias y 91 géneros botánicos (ver Anexo 1). Las familias más diversas fueron Melastomataceae (5 géneros/17 especies), Asteraceae (9/15), Rubiaceae (7/11), Lauraceae (3/9) y Ericaceae (5/6). Las parcelas de las localidades de Soacha y San Francisco tienen una mayor riqueza y diversidad (tabla 3).

Tabla 2: Riqueza taxonómica de árboles adultos registrada en las parcelas de las cuatro localidades estudiadas.

<b>Localidad</b>	<b>Familias</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
Reserva Encenillo (Guasca)	21	30	38
Torca (Bogotá)	27	36	44
Chuguacá (San Francisco)	40	64	85
Bosques de Canoas (Soacha)	42	54	64

Tabla 3: Índices de diversidad de árboles adultos en parcelas permanentes (promedio y desviación estándar por cada localidad).

	Riqueza de especies	Índice de Shannon ( $H'$ )	Índice de Simpson ( $1/D$ )
<b>Adultos</b>			
Reserva Encenillo (Guasca)	14,8 (4,8)	1,80 (0,40)	3,81 (1,31)
Torca (Bogotá)	16,7 (4,3)	2,11 (0,35)	5,72 (1,99)
Chuguacá (San Francisco)	25,0 (6,6)	2,67 (0,46)	11,19 (4,75)
Bosques de Canoas (Soacha)	24,7 (2,7)	2,79 (0,16)	11,81 (2,60)

Las únicas especies presentes en las cuatro localidades fueron gaques (*Clusia multiflora*), canelos de páramo (*Drimys granadensis*), uvas de monte (*Macleania rupestris*), cucharos (*Myrsine coriacea*), manos de oso (*Oreopanax incisus*), raques (*Vallea stipularis*), camargos (*Verbesina arborea*) y encenillos (*Weinmannia tomentosa*). Por el contrario, muchas especies se encuentran restringidas a una o dos localidades, lo que muestra indicios de una gran diferenciación florística y poca homogenización a escala de paisaje (Hurtado *et al.* 2021). Algunas especies constituyen elementos florísticos muy importantes de la composición y estructura de estos bosques en varias localidades, por ejemplo los encenillos, los cucharos y los canelos de páramo. Particularmente los encenillos obtienen el índice de valor de importancia más alta en dos localidades y el segundo más alto en una tercera, lo que demuestra su gran aporte en cuanto a presencia, densidad y tamaño en estos bosques (tabla 4).

Los bosques de las localidades en el sector oriental de la Sabana (Guasca y Torca) comparten más especies entre ellas que con los sectores occidentales (San Francisco y Soacha). Estas diferencias se han percibido desde los primeros estudios ecológicos que se llevaron a cabo en la región (Van der Hammen & González 1960). La diferencia en la composición florística entre los sectores de la Sabana pueden ser causadas por diferencias climáticas entre las localidades, especialmente aquellas relacionadas con la humedad relativa y la temperatura mínima ya que pueden ocasionar la exclusión de algunas especies con rangos de tolerancia más estrechos a variación en estas condiciones (Hurtado *et al.* 2021).

Tabla 4. Grupo de las diez especies vegetales con el mayor índice de valor de importancia (IVI) de adultos en las parcelas de las cuatro localidades

	Dominancia relativa (%)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	IVI
<b>Reserva Encenillo (Guasca)</b>				
<i>Weinmannia tomentosa</i>	43,00	24,13	6,74	<b>73,87</b>
<i>Cavendishia bracteata</i>	23,94	33,97	6,74	<b>64,66</b>
<i>Gaiadendron punctatum</i>	4,82	5,88	4,49	<b>15,19</b>
<i>Bejaria resinosa</i>	4,33	5,16	5,62	<b>15,11</b>

<i>Diplostegium rosmarinifolium</i>	3,67	4,44	3,37	<b>11,48</b>
<i>Myrsine coriacea</i>	3,39	3,48	4,49	<b>11,37</b>
<i>Miconia ligustrina</i>	1,03	2,88	6,74	<b>10,65</b>
<i>Myrsine latifolia</i>	2,47	3,48	3,37	<b>9,32</b>
<i>Alnus acuminata</i>	3,05	2,28	2,25	<b>7,58</b>
<i>Viburnum triphyllum</i>	1,37	1,92	3,37	<b>6,66</b>
<b>Torca (Bogotá)</b>				
<i>Weinmannia tomentosa</i>	30,67	23,45	5,00	<b>59,12</b>
<i>Clusia multiflora</i>	18,03	14,10	5,00	<b>37,13</b>
<i>Miconia squamulosa</i>	3,26	7,13	4,00	<b>14,39</b>
<i>Bejaria resinosa</i>	3,43	5,55	3,00	<b>11,97</b>
<i>Ilex kunthiana</i>	4,02	3,65	4,00	<b>11,66</b>
<i>Myrsine coriacea</i>	2,29	3,01	6,00	<b>11,30</b>
<i>Drimys granadensis</i>	4,75	2,54	4,00	<b>11,29</b>
<i>Viburnum triphyllum</i>	2,35	4,91	4,00	<b>11,26</b>
<i>Miconia ligustrina</i>	2,96	4,28	3,00	<b>10,24</b>
<i>Cavendishia nitida</i>	1,10	3,96	4,00	<b>9,07</b>
<b>Chuguacá (San Francisco)</b>				
<i>Cyathea</i> sp.	5,32	5,98	3,29	<b>14,59</b>
<i>Viburnum lasiophyllum</i>	3,11	7,11	3,29	<b>13,50</b>
<i>Clusia multiflora</i>	8,96	2,26	1,97	<b>13,19</b>
<i>Solanum cornifolium</i>	2,07	8,56	1,97	<b>12,61</b>
<i>Meriania aguaditensis</i>	8,08	3,07	1,32	<b>12,47</b>
<i>Hieronyma rufa</i>	4,45	3,23	2,63	<b>10,31</b>
<i>Hedyosmum</i> sp1	1,89	4,85	2,63	<b>9,37</b>
<i>Myrsine coriacea</i>	2,68	3,55	2,63	<b>8,87</b>
<i>Dicksonia sellowiana</i>	4,12	3,07	1,32	<b>8,51</b>
<i>Cinchona lancifolia</i>	2,81	4,52	0,66	<b>7,99</b>
<b>Bosques de Canoas (Soacha)</b>				
<i>Citharexylum sulcatum</i>	3,71	10,52	3,38	<b>17,60</b>
<i>Weinmannia tomentosa</i>	8,78	6,39	2,03	<b>17,20</b>
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	9,05	3,92	2,70	<b>15,67</b>
<i>Palicourea</i> sp1	3,02	7,84	2,70	<b>13,56</b>
<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	5,26	5,57	2,70	<b>13,53</b>
<i>Panopsis suaveolens</i>	10,33	0,62	1,35	<b>12,30</b>
<i>Daphnopsis caracasana</i>	5,51	2,06	3,38	<b>10,95</b>
<i>Zanthoxylum quinduense</i>	2,10	3,71	4,05	<b>9,86</b>
<i>Xylosma spiculifera</i>	1,67	5,36	2,70	<b>9,74</b>
<i>Myrsine latifolia</i>	4,80	2,06	2,03	<b>8,89</b>

Las especies con categorías documentadas de amenaza en el marco nacional, o que son destacables por su origen endémico se presentan en la tabla 5, de acuerdo a las categorizaciones reportadas en el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal *et al.* 2019).

Tabla 5: Especies con alguna categoría de amenaza y especies de origen endémico registradas en las parcelas estudiadas

Categoría de amenaza	Familia	Especie
Vulnerable	Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i>
	Lauraceae	<i>Ocotea gentryi</i>
		<i>Ocotea pedicellata</i>
	Melastomataceae	<i>Meriania aguaditensis</i>
	Rosaceae	<i>Prunus buxifolia</i>
Casi amenazada	Arecaceae	<i>Geonoma undata</i>
Origen	Familia	Especie
Endémica	Celastraceae	<i>Maytenus laxiflora</i>
	Ericaceae	<i>Cavendishia nitida</i>
		<i>Psammisia falcata</i>
	Gentianaceae	<i>Macrocarpaea glabra</i>
	Lauraceae	<i>Ocotea pedicellata</i>
	Melastomataceae	<i>Miconia cundinamarcensis</i>
		<i>Miconia plethorica</i>
	Phyllanthaceae	<i>Hieronyma rufa</i>
	Rosaceae	<i>Hesperomeles goudotiana</i>
<i>Prunus buxifolia</i>		
Rubiaceae	<i>Palicourea lineariflora</i>	
Siparunaceae	<i>Siparuna mutisii</i>	



Figura 3. Muestra de especies con categoría de amenaza (VU) registradas en el estudio.  
 Izquierda: *Ocotea gentryi*, derecha: *Meriania aguaditensis*



Figura 4. Muestra de especies de origen endémico registradas en el estudio.  
 Izquierda: *Ocotea pedicellata*, derecha: *Prunus buxifolia*

### ***Tasas de crecimiento***

Es reconocido que las tasas de crecimiento en ecosistemas de alta montaña son reducidas si se compara con ecosistemas tropicales de tierras bajas donde las condiciones son mucho más favorables para el crecimiento vegetal. Las tasas de crecimiento para las veinte especies con un mayor aumento registradas en este estudio se presentan en la tabla 6. Como era de esperarse se encuentran las especies tradicionalmente catalogadas como pioneras o de inicios de sucesión (por ejemplo *Verbesina arborea*), sin embargo, es importante remarcar que muchas especies catalogadas como de sucesión tardía presentan tasas considerables de crecimiento (por ejemplo las especies de lauráceas).

Tabla 6. Especies con la mayor tasa de crecimiento (promedio y desviación estándar) de la circunferencia a la altura del pecho del presente estudio (especies con 10 o más registros)

<b>Especie</b>	<b>ΔCAP (cm/año)</b>	<b>n</b>
<i>Daphnopsis caracasana</i>	1,09 (0,85)	13
<i>Ocotea calophylla</i>	0,95 (0,57)	17
<i>Verbesina arborea</i>	0,93 (1,09)	18
<i>Critoniopsis bogotana</i>	0,85 (0,84)	66
<i>Rhamnus spaherosperma</i>	0,78 (0,44)	10
<i>Ocotea pedicellata</i>	0,67 (0,70)	17
<i>Meriania aguaditensis</i>	0,66 (0,47)	17
<i>Myrsine latifolia</i>	0,66 (0,58)	53
<i>Gaiadendron punctatum</i>	0,59 (1,04)	72
<i>Zanthoxylum quinduense</i>	0,58 (0,73)	26
<i>Ageratina glyptophlebia</i>	0,58 (0,62)	10



<i>Eucalyptus globulus</i>	0,58 (0,75)	18
<i>Prunus buxifolia</i>	0,56 (0,53)	29
<i>Cinchona lancifolia</i>	0,53 (0,55)	12
<i>Miconia denticulata</i>	0,52 (0,61)	22
<i>Miconia resima</i>	0,50 (0,36)	27
<i>Dicksonia sellowiana</i>	0,46 (0,44)	27
Lauraceae sp 1	0,43 (0,35)	19
<i>Hedyosmum</i> sp 1	0,38 (0,74)	18
<i>Palicourea lineariflora</i>	0,38 (0,61)	11

## Conclusiones

El monitoreo de vegetación de bosques altoandinos adelantado en el marco del Proyecto Rastrojos es una fuente importante de información para estudiar las dinámicas sucesionales de los fragmentos de estos ecosistemas que aún se encuentran en los alrededores de la Sabana de Bogotá. El desarrollo de este Proyecto ha permitido destacar la riqueza y particularidades de la biodiversidad florística de la región. La continuación de este monitoreo a largo plazo permitirá ahondar en la comprensión de este ecosistema para generar medidas de acción que optimicen su conservación y su restauración. Entre otras líneas de investigación, los futuros trabajos del Proyecto buscan presentar información sobre la diversidad funcional de estos bosques.

Como se ha expuesto en ocasiones anteriores, es importante reconocer las iniciativas de conservación privada que se realizan en las localidades del proyecto. Gracias a ellas los fragmentos de bosque que se están estudiando mantienen las condiciones que permiten destacarlos como buenos ejemplos de conservación de la biodiversidad. Estas iniciativas privadas complementan muy bien la agenda pública de conservación regional que se implementa a través de parques nacionales, reservas forestales y distritos de manejo integrado. En muchos casos, las iniciativas privadas se encuentran dentro de estas áreas o cumplen una función de amortiguación por su cercanía a las mismas.

## Agradecimientos

La ejecución del presente trabajo contó con el apoyo de varias personas y organizaciones. Agradecemos en primera instancia a los propietarios de los predios donde se adelanta el Proyecto Rastrojos: a la Fundación Natura, Carlos Castillo y todo el personal de la Reserva Biológica Encenillo, a Juan Ramón Giraldo de la finca Chulajuan, a Martha Giraldo de Floresta de la Sabana en Torca y a Juanita Montoya de Bosques de Canoas. El Proyecto Rastrojos es una colaboración de la Universidad Javeriana, la Universidad del Rosario, la

17

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Somos el Instituto Nacional de la Biodiversidad

Fundación Cedrela y el Instituto Humboldt, colaboración liderada por Natalia Norden y Juan Manuel Posada. La identificación del material botánico ha contado con la invaluable ayuda de Mateo Hernández. La instalación y monitoreo de las parcelas permanentes ha estado mediada por el trabajo de varias personas a las que extendemos nuestro agradecimiento: Andrea Acuña, Carolina Álvarez, Diego González, María Alejandra Molina, Dennis Castillo, Sebastián Zapata, Juan Sebastián Páez, Mariana Florián, Herlyn Sandino, Mónica González, Catalina Franco, Juan Sebastián Villegas y Nicolás Baresch.

## Bibliografía

- Bernal, R., S.R. Gradstein & M. Celis (eds.). 2019. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., Guariguata, M. R., Ochoa-Tocachi, B. F., Vanacker, V., Mao, Z., Stokes, A. & Mathez-Stiefel, S. L. (2019). Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review. *Forest Ecology and Management*, 433, 569-584.
- Calbi, M., Clerici, N., Borsch, T., & Brokamp, G. (2020). Reconstructing long term high Andean forest dynamics using historical aerial imagery: A case study in Colombia. *Forests*, 11(8), 788.
- Clerici, N., Cote-Navarro, F., Escobedo, F. J., Rubiano, K., & Villegas, J. C. (2019). Spatio-temporal and cumulative effects of land use-land cover and climate change on two ecosystem services in the Colombian Andes. *Science of the Total Environment*, 685, 1181-1192.
- Cortés, S. P. (2018). Identificación y cuantificación de los procesos de cambio de las coberturas sobre el territorio de la cuenca alta del río Bogotá, entre 1977 y 2015. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 5(2), 17-32.
- Duque, A., Peña, M. A., Cuesta, F., González-Caro, S., Kennedy, P., Phillips, O. Calderón-Loor, M., Blundo, C., Carilla, J., Cayola, L., Farfán-Ríos, W., Fuentes, A., Grau, R., Homeier, J., Loza-Rivera, M., Malhi, Y., Malizia, A., Malizia, L., Martínez-Villa, J., Myers, J., Osinaga-Acosta, O., Peralvo M., Pinto, E., Saatchi, S., Silman, M., Tello, J. S., Terán-Valdez, A. & Feeley, K. J. (2021). Mature Andean forests as globally important carbon sinks and future carbon refuges. *Nature communications*, 12(1), 1-10.
- Hurtado-M A. B., Echeverry-Galvis M. Á., Salgado-Negret B., Muñoz J. C., Posada J. M., Norden N. (2021). Little trace of floristic homogenization in peri-urban Andean secondary forests despite high anthropogenic transformation. *Journal of Ecology* 109(3):1468-1478.

- Karger, D. N., Kessler, M., Lehnert, M., & Jetz, W. (2021). Limited protection and ongoing loss of tropical cloud forest biodiversity and ecosystems worldwide. *Nature Ecology & Evolution*, 5(6), 854-862.
- Mendoza J.E. & Etter, A. (2002). Multitemporal analysis (1940–1996) of land cover changes in the southwestern Bogota highplain (Colombia). *Landscape and urban planning*, 59(3), 147-158.
- Rodríguez-Alarcón, S., Rodríguez-Eraso, N., Pineda-Rincón, I., & López-Camacho, R. (2018). Effects of fragmentation on functional diversity associated with aboveground biomass in a high Andean forest in Colombia. *Landscape Ecology*, 33(11), 1851-1864.
- Rubiano, K., Clerici, N., Norden, N., & Etter, A. (2017). Secondary forest and shrubland dynamics in a highly transformed landscape in the Northern Andes of Colombia (1985–2015). *Forests*, 8(6), 216.
- Vallejo-Joyas M.I., A.C. Londoño-Vega, R. López-Camacho, G. Galeano, E. Álvarez-Dávila & W. Devia-Álvarez. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. (Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No 1). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 310 pp.
- Van der Hammen, T., & González, E. (1960). Upper pleistocene and holocene climate and vegetation of the “Sabana de Bogota”(Colombia, South America). *Leidse Geologische Mededelingen*, 25(1), 261-315.

## Anexo 1.

Listado de especies de plantas registradas en las parcelas permanentes del Proyecto Rastrojos recensadas para el presente trabajo.

Familia	Especie	Bosques de Canoas	Chuguacá	R.N. Encenillo	Torca
Adoxaceae	<i>Viburnum lasiophyllum</i>	+	+		
	<i>Viburnum triphyllum</i>			+	+
Aquifoliaceae	<i>Ilex kunthiana</i>	+	+	+	+
	<i>Ilex nervosa</i>	+	+		
Araliaceae	<i>Oreopanax bogotensis</i>			+	
	<i>Oreopanax incisus</i>	+	+	+	+
Arecaceae	<i>Geonoma</i> sp1		+		
	<i>Geonoma undata</i>	+			
Asteraceae	<i>Ageratina asclepiadea</i>			+	+
	<i>Ageratina fastigiata</i>			+	
	<i>Ageratina glyptophlebia</i>		+	+	
	Asteraceae sp3				+
	<i>Baccharis latifolia</i>			+	
	<i>Baccharis prunifolia</i>			+	
	<i>Barnadesia spinosa</i>	+			
	<i>Critoniopsis bogotana</i>	+	+	+	+
	<i>Diplostephium</i>			+	+
	<i>rosmarinifolium</i>				
	<i>Jungia ferruginea</i>		+		
	<i>Llerasia lindeni</i>	+			
	<i>Pentacalia pulchella</i>			+	
	<i>Pentacalia</i> sp1		+		
<i>Pentacalia</i> sp2		+			
<i>Verbesina arborea</i>	+	+	+	+	
Berberidaceae	<i>Berberis</i> sp1	+			
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>			+	
Boraginaceae	<i>Varronia</i>	+	+		+
	<i>cylindrostachya</i>				
Brunelliaceae	<i>Brunellia acutangula</i>		+		
Celastraceae	<i>Maytenus laxiflora</i>	+			
	<i>Zinowiewia australis</i>		+		
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum</i> sp1		+		+
Clethraceae	<i>Clethra fagifolia</i>	+	+		
	<i>Clethra fimbriata</i>			+	+
	<i>Clethra lanata</i>		+		+
Clusiaceae	<i>Clusia elliptica</i>		+		
	<i>Clusia multiflora</i>	+	+	+	+
	<i>Clusia</i> sp1	+	+		
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii</i>		+		
	<i>Weinmannia</i> sp1		+		
	<i>Weinmannia tomentosa</i>	+	+	+	+

Cyatheaceae	<i>Cyathea</i> sp		+		
	<i>Cyathea</i> sp1	+			
	<i>Cyathea</i> sp4			+	
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i>			+	
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	+	+	+	+
Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i>			+	+
	<i>Cavendishia bracteata</i>			+	+
	<i>Cavendishia nitida</i>	+	+		+
	<i>Macleania rupestris</i>	+	+	+	+
	<i>Psammisia falcata</i>			+	
	<i>Thibaudia floribunda</i>	+	+		
Euphorbiaceae	<i>Sapium stylare</i>			+	
	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>			+	
Fabaceae	<i>Ulex europaeus</i>			+	
Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i>				+
Gentianaceae	<i>Macrocarpaea glabra</i>			+	
Lamiaceae	<i>Aegiphila bogotensis</i>	+			
Lauraceae	<i>Aiouea dubia</i>	+			+
	Lauraceae sp1			+	
	Lauraceae sp3			+	
	<i>Ocotea calophylla</i>	+	+		+
	<i>Ocotea gentryi</i>				+
	<i>Ocotea pedicellata</i>			+	
	<i>Ocotea sericea</i>			+	
	<i>Persea bernardii</i>	+			
	<i>Persea</i> sp3			+	
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i>	+	+	+	+
Melastomataceae	<i>Axinaea macrophylla</i>	+			
	<i>Axinaea scutigera</i>			+	
	<i>Bucquetia glutinosa</i>			+	
	<i>Meriania aguaditensis</i>			+	
	<i>Miconia cundinamarcensis</i>			+	
	<i>Miconia denticulata</i>	+	+		
	<i>Miconia dolichopoda</i>	+	+		
	<i>Miconia elaeoides</i>			+	
	<i>Miconia ligustrina</i>			+	+
	<i>Miconia plethorica</i>			+	
	<i>Miconia resima</i>			+	
	<i>Miconia squamulosa</i>				+
	<i>Miconia</i> sp1	+			
	<i>Miconia</i> sp3	+			
	<i>Miconia</i> sp5	+			
	<i>Miconia</i> sp6			+	
	<i>Tibouchina lepidota</i>			+	
Meliaceae	<i>Ruagea glabra</i>	+			
Moraceae	<i>Ficus gigantosyce</i>	+			
Myricaceae	<i>Morella parvifolia</i>				+

	<i>Morella pubescens</i>	+	+		+
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	+	+		
	<i>Eugenia</i> sp1		+		
	<i>Myrcianthes leucoxylo</i>	+		+	+
	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	+	+		
	<i>Myrcianthes</i> sp1		+		
	Myrtaceae sp1			+	
Onagraceae	<i>Fuchsia venusta</i>	+			
Papaveraceae	<i>Bocconia frutescens</i>				+
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma rufa</i>	+	+		
Picramniaceae	<i>Picramnia sphaerocarpa</i>	+			
Piperaceae	<i>Piper bogotense</i>	+	+		+
Primulaceae	<i>Cybianthus iteoides</i>		+	+	
	<i>Geissanthus</i> sp1		+		
	<i>Myrsine coriacea</i>	+	+	+	+
	<i>Myrsine dependens</i>			+	
	<i>Myrsine latifolia</i>	+		+	+
Proteaceae	<i>Panopsis suaveolens</i>	+	+		
Ranunculaceae	<i>Clematis haenkeana</i>	+	+		
Rhamnaceae	<i>Rhamnus goudotiana</i>			+	+
	<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	+	+		+
Rosaceae	<i>Hesperomeles</i>	+		+	+
	<i>goudotiana</i>				
	<i>Prunus buxifolia</i>		+		+
	<i>Prunus integrifolia</i>		+		
Rubiaceae	<i>Cinchona lancifolia</i>		+		
	<i>Dioicodendron dioicum</i>		+		
	<i>Faramea</i> sp1		+		
	<i>Guettarda crispiflora</i>		+		
	<i>Ladenbergia</i>		+		
	<i>macrocarpa</i>				
	<i>Palicourea angustifolia</i>	+	+		+
	<i>Palicourea demissa</i>	+		+	
	<i>Palicourea lineariflora</i>			+	+
	<i>Palicourea</i> sp		+		
	<i>Palicourea</i> sp4		+		
	<i>Rudgea</i> sp1		+		
Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>		+		
	<i>melanostictum</i>				
	<i>Zanthoxylum quinduense</i>	+	+		
Sabiaceae	<i>Meliosma bogotana</i>	+			
	<i>Meliosma frondosa</i>				+
	<i>Meliosma meridensis</i>	+			
	<i>Meliosma</i> sp1		+		
Salicaceae	<i>Abatia parviflora</i>	+			
	<i>Xylosma spiculifera</i>	+			
Sapindaceae	<i>Billia rosea</i>		+		
Siparunaceae	<i>Siparuna mutisii</i>	+	+		
Solanaceae	<i>Cestrum cuneifolium</i>	+	+		+

