

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
CARRERA DE ECOLOGÍA
BOGOTÁ D.C**

**El estudiante JUAN FELIPE RESTREPO ABADÍA C.C 1.020.768.213 realizó el
trabajo de grado titulado:**

**Caracterización vegetal del Bosque Altoandino en diferentes estados
sucesionales de la Reserva Biológica “Encenillo”, Guasca-
Cundinamarca**

Trabajo de grado presentado para obtener el título de

ECÓLOGO

Mayo de 2016

A mis tíos Silvia y Mauricio. Q.E.P.D.

TABLA DE CONTENIDO

1. ARTÍCULO EN FORMATO DE LA REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES	7
2. MARCO TEÓRICO AMPLIADO.....	45
2.1 Descripción del problema.....	45
2.2 Justificación.....	46
2.3 Antecedentes.....	47
2.4 Área de estudio.....	50
2.5 Bosque Altoandino.....	51
2.6 Sucesión Ecológica.....	54
2.7 Ecología de comunidades.....	57
2.7.1 Composición, estructura y organización de las comunidades.....	58
2.8 Restauración Ecológica.....	59
3. OBJETIVOS.....	62
3.1 Objetivo general.....	62
3.2 Objetivos específicos.....	62

4. METODOLOGÍA AMPLIADA.....	63
4.1 Diseño del estudio.....	63
4.2 Parámetros para la selección de las parcelas en la reserva.....	64
4.3 Fase de campo.....	65
4.3.1 Parcelación.....	65
4.4 Análisis de datos.....	67
4.4.1 Composición florística.....	67
4.4.2 Estructura de la vegetación.....	67
4.4.3 Índices estructurales y de diversidad.....	70
4.4.3.1 Diversidad Alfa.....	70
4.4.3.2 Diversidad Beta.....	72
5. BIBLIOGRAFIA.....	75
ANEXOS.....	86

Listado de figuras:

Figura 1. Ubicación área de estudio, caracterización vegetal (Tomado de Acuña, 2010).

Figura 2. Parcela tipo Whittaker, con las sub parcelas para Latizales y Brinzales.

Figura 3. Bosque primario, especies y dominancia.

Figura 4. Bosque secundario tardío, especies y dominancia.

Figura 5. Bosque secundario joven, especies y dominancia.

Figura 6. Rastrojo, especies y dominancia.

Figura 7. Densidades por estratos de altura.

Figura 8. Bosque primario, cobertura en las zonas de muestreo.

Figura 9. Bosque secundario tardío, cobertura en las zonas de muestreo.

Figura 10. Bosque secundario joven, cobertura en las zonas de muestreo.

Figura 11. Rastrojo, cobertura en las zonas de muestreo.

Figura 12. Similaridad de Jaccard.

Figura 13. Análisis de escalamiento multidimensional no-métrico (NMDS)

Listado de tablas:

Tabla 1. Clases diamétricas de las cuatro zonas de muestreo.

Tabla 2. Bosque primario, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF).

Tabla 3. Bosque secundario tardío, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF).

Tabla 4. Bosque secundario joven, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF).

Tabla 5. Rastrojo, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF).

Tabla 6. Especies propuestas para la restauración.

Caracterización Vegetal del Bosque Altoandino en Diferentes Estados Sucesionales de la Reserva Biológica “Encenillo” Guasca-Cundinamarca

Resumen

Se realizó un estudio de la vegetación en la Reserva Biológica de Encenillo, ubicada en Guasca (Cundinamarca, Colombia), con el objeto de definir la estructura y la composición de la vegetación de la zona, esto debido a que se presentan en la reserva perturbaciones, de tipo natural y antrópico. La potrerización y la ganadería, entre otros factores de disturbio, han retrasado la llegada de especies sucesionales tempranas y tardías al bosque altoandino. Este trabajo se enfoca en la perturbación de la potrerización y se identificaron cuatro estados sucesionales que corresponden a rastrojo, bosque secundario joven, bosque secundario tardío y bosque primario. La caracterización de la vegetación se realizó en cuatro zonas en la reserva, en parcelas de 50x20 (0.1ha) tipo Whittaker, con delimitación para fustales, latizales y brinzales respectivamente. Se midieron parámetros como el CAP, altura y cobertura para luego hallar el DAP, área basal, densidad y dominancia. Se emplearon los índices de equidad como Shannon, dominancia como Simpson, riqueza específica como Margalef y de similitud como Jaccard, además se realizó un análisis de NMDS para identificar qué tan próximas en términos de composición estaban las zonas muestreadas. Se registraron 723 individuos correspondientes a 29 familias, 40 géneros y 38 especies. En relación a la composición florística, los bosques primarios y secundarios tardíos presentan la mayor diversidad, siendo Asteraceae, Cunoniaceae, Rubiaceae y Melastomataceae las familias más abundantes. La familia Asteraceae

fue la más diversa en todo el estudio. Con este trabajo se concluye y se relacionan las especies que son necesarias, inicialmente, para incluirlas en planes próximos de restauración en la reserva.

Palabras claves

Bosque Altoandino, Composición, Estructura, Potrerización, Estados Sucesionales, Parcela tipo Whittaker.

Abstract

A study of vegetation of the Andean High Forest at the biological reserve of "Encenillo", located in Guasca-Cundinamarca, was made to develop a characterization to define the structure and composition of vegetal condition in the area. There has been a lot of disturbances in this zone, including natural and man type which have had a great environmental impact. The potrerization and cattle rising, among other disturbances that deteriorate the whole scene, affect this forest in so many ways. One of the most important facts at this forest is that it contains a very important variety of early and late vegetal successional species. This work is centered on the disruption of potrerization and focuses in four areas at the reserve by 50x20 plots (0.1ha) of Whittaker type, and within, a delimitation of plots was made for woody plants (fustales), and other for the lower strata (latizales and brinzales). Parameters such as DAP, height, and coverage, were important to define the basal area, density and dominance. Shannon, Margalef, and Jaccard diversity indices were used. In addition a NMDS analysis was done to see how close the areas in terms of composition were.

723 individuals corresponding to 29 families, 48 genera, and 38 species were recorded. In relation to the floristic composition, the primary and late secondary forests are the most similar, and they have the highest diversity, having Asteraceae, Cunoniaceae, Rubiaceae and Melastomataceae as the most abundant families. The Asteraceae was the most diverse family in this study. In this work, the species that are initially needed to include them in future restoration plans at the reserve, are concluded and related.

Key Words

High Andean Forest, Composition, Structure, Potrerization, Successional States, Whittaker Plot, Diversity.

Introducción

Colombia es un país tropical, considerado megadiverso, que presenta diferentes relieves como consecuencia de procesos orogénicos que han levantado el sistema cordillerano andino (Gentry, 1991). Las condiciones climáticas y topográficas han contribuido a que se presenten diferentes pisos térmicos, en donde buena parte de la biodiversidad se desarrolla y concentra en ecosistemas que conforman paisajes de alta montaña (Van der Hammen & Rangel, 1997). Los factores climáticos y topográficos, tan diversos, han contribuido a que se formen paisajes altamente heterogéneos, en términos de biodiversidad (Van der Hammen, 1995; Gentry, 1982). En particular la zona andina, caracterizada como cordillerana, ha sido una de las regiones colombianas donde se han desarrollado diferentes actividades económicas y culturales, lo que ha generado un incremento desordenado en la demografía de la región, con grandes amenazas (MinAmbiente *et al.*, 2002). El factor de desarrollo económico y cultural acelerado, sumado a la falta de planificación territorial, ha generado un incremento de las amenazas y la vulnerabilidad, como es, entre otras, la transformación y destrucción de las coberturas vegetales presentes en la región andina (Castaño-Uribe, 1991; Cavelier, 1991; Van der Hammen & Rangel, 1997).

Teniendo en cuenta el acelerado desarrollo económico, con la inadecuada planeación, se puede deducir que sobre ecosistemas andinos han actuado dos factores para su transformación y deterioro, una de orden local, donde las poblaciones y los asentamientos humanos utilizan y transforman los ecosistemas naturales en paisajes humanos, disminuyendo así sus potencialidades para generar bienes y

servicios ambientales; actividades humanas asociadas a la producción agrícola, ganadera y minera han llevado a la destrucción de gran parte de la cobertura vegetal andina (MinAmbiente *et al.*, 2002).

En Colombia se tiene poca información sobre la interrelación entre los recursos naturales y el clima, por ello se deben diseñar planes y programas para profundizar en el conocimiento de las variables y elementos relacionados, para evitar, compensar y/o mitigar la degradación de uno de los biomas más sensibles, como son los páramos y los Bosques Altoandinos (Min Ambiente *et al.*, 2002).

Es importante estudiar la sucesión de la vegetación en la reserva biológica de “Encenillo”, localizada en Guasca (Cundinamarca), con historias de perturbaciones previas, para entender cómo se están comportando las especies vegetales luego de dichas perturbaciones; la perturbación en la que se enfoca este estudio es la Potrerización, que se define como el reemplazo de bosques por potreros para ganadería y agricultura dominados por especies herbáceas exóticas como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) o la falsa poa (*Holcus lanatus* C. Linneo). Esta matriz continua de pastos constituye una barrera física que impide la llegada de semillas al suelo y su posterior implantación (Meli, 2003; Dalling, 2001) y retrasa la llegada de especies sucesionales tempranas y tardías (Klejin, 2003), esto siendo de gran importancia para la sucesión natural de un lugar.

Hace aproximadamente 20 años existía en la reserva la actividad extractiva de piedra caliza en una mina ubicada allí; hoy en día esa mina está en desuso, al igual que la

extracción de maderas de plantaciones de especies exóticas; estos eran los principales trabajos de sustento de la gente aledaña a la reserva. Por las razones anteriores es importante estudiar la sucesión vegetal en el lugar, para entender la dinámica de las comunidades vegetales desde el cese de dichas actividades extractivas, las cuales dejaron notables impactos negativos.

El propósito de este trabajo de investigación es identificar los diferentes estados sucesionales en un sector del Bosque Altoandino, ubicado en el municipio de Guasca (Cundinamarca), con el fin de caracterizar la vegetación de dichos estados; además se proponen ciertas especies para ser implementadas en planes próximos de restauración. Se advierte que las conclusiones aquí presentadas muestran un aspecto local, en la reserva biológica Encenillo, y en consecuencia algunos aspectos pueden variar, según sea la ubicación geográfica, la vegetación y la altitud, y en donde se pueden presentar otros patrones climáticos.

Materiales y métodos

Área de estudio

La caracterización de la vegetación realizada en este trabajo se realizó en 4 zonas de la Reserva Biológica de Encenillo, ubicada en Guasca en el departamento de Cundinamarca. Estas zonas representan los siguientes estados sucesionales, luego de la perturbación por la potrerización: Rastrojo (RT) (lat. 4°47'36,6" N, long. 73°54'54,1" W), Bosque secundario joven (BJ) (lat. 4°47'14" N, long. 73°54'41" W), Bosque secundario tardío (ST) (lat. 4°47'37,8" N, long. 73°54'53,2" W), y el Bosque primario (BP) (lat. 4°47'22,7" N, long. 73°54'56" W). (Figura 1)

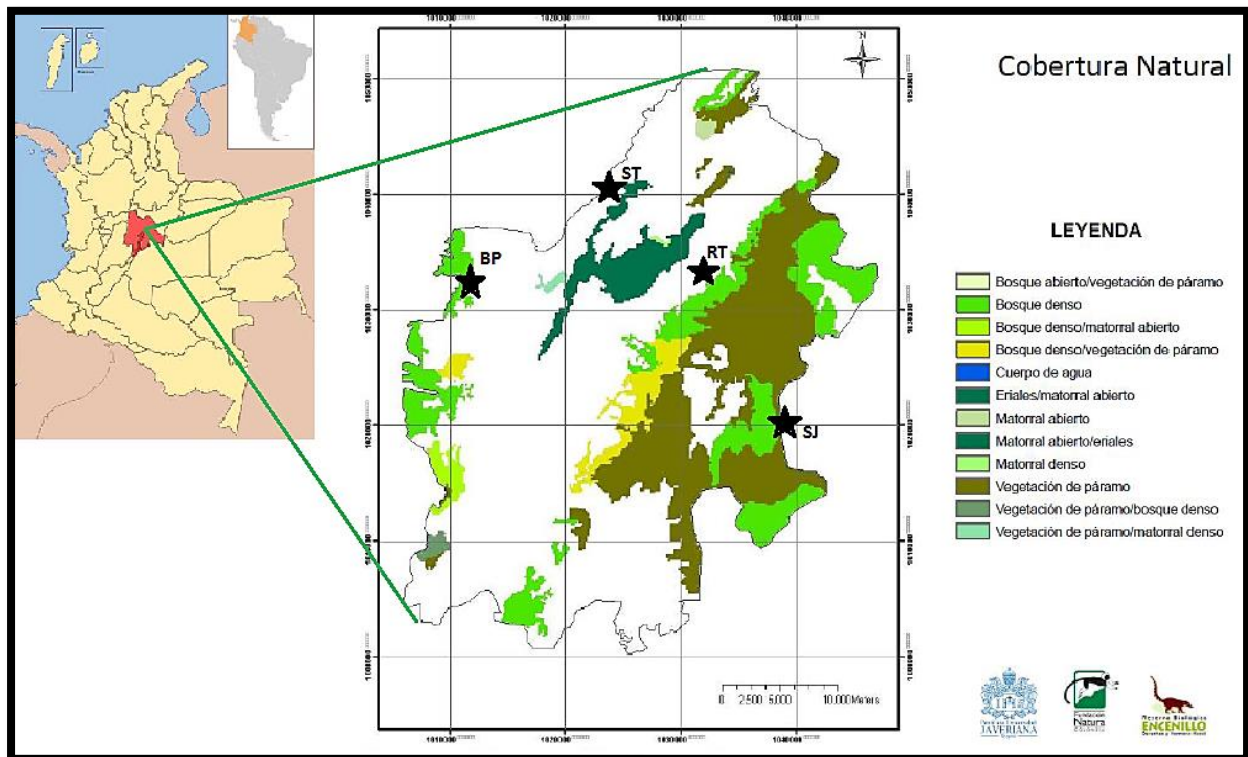


Figura 1. Ubicación área de estudio, con las parcelas localizadas (Tomado de Acuña, 2010)

El área estudiada se ubica en una zona de vida de Holdridge de Bosque Altoandino sub-húmedo y seco, de aproximadamente 52 hectáreas; su límite altitudinal está entre los 2800 y los 3000 msnm y la temperatura oscila entre 4°C y 21°C, y la precipitación promedio es de 933 mm/año (IGAC, 2000). La reserva colinda con las veredas Santa Helena de Guasca y Santa Ana Baja, y con los municipios de La Calera y de Sopó.

Muestreo

La fase de campo se desarrolló entre el 21 y el 28 de marzo de 2016. Los sitios donde se llevó a cabo la caracterización fueron definidos de acuerdo con observación directa del sitio, también por entrevistas simples llevadas a cabo con personas encargadas de la reserva y gente local. Las áreas que se seleccionaron fueron: (i) *Rastrojo* de aproximadamente 2 años, (ii) *Bosque secundario joven* de 7 a 10 años, (iii) *Bosque secundario tardío* de 20-30 años. Posteriormente se seleccionó la parcela control que pertenecía al *Bosque primario*, con el fin de comparar las condiciones iniciales del ecosistema sin la perturbación.

En cada una de estas zonas se ubicó una parcela tipo Whittaker de 0.1 ha (20x50 m) (Stohlgren *et al.*, 1995), para un total de 4 parcelas, una en cada estado sucesional y otra en la parcela control; dentro de cada parcela se demarcaron sub parcelas de 10x10 m. En estas se tomaron muestras de CAP (> 9.9cm) para fustales y para los estratos vegetales inferiores se delimitaron sub parcelas de 4x4 m para latizales (CAP: 5-9.9 cm) y de 2x2 m para brinzales (altura máxima 30 cm, CAP: 2.5-4.99 cm), estas dentro de 5 sub parcelas de 10x10 m escogidas al azar, respectivamente

(Figura 2). En estas sub parcelas menores también se tomaron muestras botánicas, con el fin de lograr la identificación.

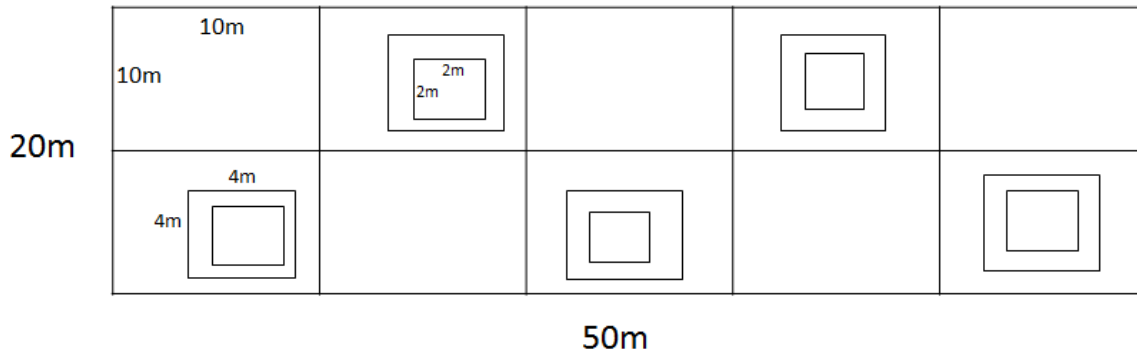


Figura 2. Parcela tipo Whittaker, con las sub parcelas para Latizales y Brinzales

En el campo, además de coleccionar muestras de las plantas para su posterior identificación taxonómica (composición de la vegetación), se calcularon los siguientes parámetros que fueron útiles para evaluar la estructura vegetal: DAP, área basal, dominancia, densidad, altura de las plantas, cobertura y además se definieron clases diamétricas.

Además, para una mayor comprensión de las condiciones ecológicas de cada parcela sucesional, se midieron los siguientes parámetros del microclima: ubicación topográfica, altitud, temperatura, humedad ambiental, velocidad del viento, radiación lumínica y características del suelo, como el pH y el porcentaje de humedad.

Análisis de datos

Para definir la estructura de la vegetación de cada zona estudiada se consideraron los siguientes estratos de altura: rasante <0.3m, herbáceo a 0.3m-1.5m, arbustivo 1.5m a 5m, sub arbóreo, arbóreo inferior 12-25m (Rangel y Velásquez, 1997; Rangel & Lozano, 1986). De esta manera se obtuvo la **estratificación vertical** en cada parcela. El CAP medido en campo fue transformado posteriormente en DAP con la fórmula:

$$DAP = CAP/\pi$$

Se calculó el Índice de Valor de Importancia Simplificado (IVIs), según Ramírez (2006). El índice de Predominio Fisionómico (IPF). La diversidad en cada zona se calculó con el programa estadístico Past, con dicho programa se calcularon los índices de diversidad de Shannon, Simpson y de riqueza Margalef. Adicionalmente se calculó el índice de similaridad de Jaccard, que considera la presencia/ausencia de las especies en las parcelas. Además, para la distinción de las clases diamétricas, se utilizó el programa InfoStat y por último, se realizó un análisis de Escalamiento Multidimensional no-métrico (NMDS), para representar en un espacio geométrico las proximidades existentes en el conjunto de datos muestreados.

Resultados

Composición florística

En total se registraron 723 individuos correspondientes a 29 familias, 40 géneros y 38 especies.

El *Bosque primario* presentó un total de 259 individuos, y las familias más representativas de esta parcela fueron: Cunoniaceae (27,4%), Asteraceae (16,6%), Melastomataceae (10,8%), Myrsinaceae (8,4%) y Ericaceae (7,7%), y las especies más representativas fueron *Weinmannia tomentosa* (27,4%), *Myrsine coriácea* (7.7%) *Miconia ligustrina* (8.1%) *Diplostephium sp 2* (18%) y *Drymis granadensis* (6,1%). (Anexo 1).

El *Bosque secundario tardío* presentó un total de 233 individuos, y las familias más representativas de esta parcela fueron: Cunoniaceae (33,6%), Rubiaceae (17,8%), Asteraceae (11%), Melastomataceae (8%) y Myrtaceae (7,6%), y las especies más representativas fueron: *Weinmannia tomentosa* (30.3%), *Rubiaceae sp* (17.5%), *Myrtaceae sp* (8%), *Ageratina asclepiadea* (8%) y *Drymis grandensis* (6.4%).

El *Bosque secundario joven* presentó un total de 163 individuos, y las familias más representativas de este muestreo fueron: Asteraceae (44,1%), Betulaceae (28,2%), Scrophulariaceae (8,5%), Adoxaceae (4,9%) y Myrtaceae (3,6%), y las especies más representativas fueron: *Smallanthus pyramidalis* (39%) *Alnus acuminata* (28,2%) *Digitalis purpurea* (8,5%).

El Rastrojo presentó un total de 66 individuos, y las familias más representativas de esta parcela fueron: Betulaceae (37,8%), Rosaceae (19,6%), Scrophulariaceae (13,6%), Fabaceae (12,1%) y Asteraceae (6,6%), y las especies más representativas fueron: *Alnus acuminata* (37.8%) y *Rubus glaucus* (19.6%).

Estructura Vertical

Para el *Bosque primario* el estrato rasante se compuso de las siguientes familias: Ericaceae (42,8%), Winteraceae (14,2%), Myrsinaceae (14,2%), Loranthaceae (14,2%) y Asteraceae (14,2%); en el estrato herbáceo se presenta: Asteraceae (22,2%), Cunoniaceae (8,9%) Ericaceae (10%), Melastomataceae (13,3%), Myrsinaceae (14,4%) Rubiaceae y Winteraceae (7,7%); en el estrato arbustivo se presenta: Asteraceae (21,8%), Cunoniaceae (15,3%), Melastomataceae (10,2%), Myrsinaceae (9%), Myrtaceae (7,7%); en el estrato sub arbóreo se presenta: Asteraceae (10%), Cunoniaceae (48,3%), Loranthaceae (8,3%), Melastomataceae (13,3%), y en el estrato arbóreo inferior se tiene Cunoniaceae (100%).

Para el *Bosque secundario tardío*, el estrato herbáceo se compuso de las siguientes familias: Adoxaceae (9,1%), Asteraceae (16%), Melastomataceae (9,1%), Myrtaceae (11,4%), Rubiaceae (33,3%); en el estrato arbustivo se presenta: Asteraceae (13,2%), Melastomataceae (11,3%), Myrsinaceae (13,2%), Myrtaceae (13,2%), Rubiaceae (22.6%) y Winteraceae (13,2%); en el estrato sub arbóreo se presenta: Cunoniaceae (71,6%), Asteraceae (7,5%), Melastomataceae (7,4%) y Winteraceae (7,4%), y en el estrato arbóreo inferior se tiene Cunoniaceae (96,4%).

Para el *Bosque secundario joven* el estrato rasante ocupó las siguientes familias: Scrophulariaceae (50%) y Lauraceae (50%); en el estrato herbáceo se presenta: Adoxaceae (8,7%), Myrtaceae (10,8%), Rosaceae (6,5%), Sapindaceae (11%) y Scrophulariaceae (26,1%); en el estrato arbustivo se presenta: Adoxaceae (6,8%), Asteraceae (35,6%), Betulaceae (49,1%); en el estrato sub arbóreo se presenta: Asteraceae (73%) y Betulaceae (27%).

Para el *Rastrojo* el estrato rasante ocupó las siguientes familias: Asteraceae (25%), Melastomataceae (25%) y Scrophulariaceae (50%); en el estrato herbáceo se presenta: Asteraceae (11,5%), Fabaceae (11,5%), Melastomataceae (11,5%), Rosaceae (27%) y Scrophulariaceae (27%); en el estrato arbustivo se presenta: Betulaceae (69%), Fabaceae (15,7%) y Rosaceae (12,5%); en el estrato sub arbóreo se tiene: Betulaceae (50%) y Rosaceae (50%).

Estructura Horizontal

Clases diamétricas

Para el *Bosque primario*, el porcentaje de individuos de primera clase fue 75%, para la segunda 14,7%, para la tercera 5,8%, para la cuarta 2,7%, para la quinta 1,5%.

Para el *Bosque secundario tardío*, el porcentaje de la primera clase fue 60%, para la segunda 5,5%, para la tercera 11,4%, para la cuarta 9%, para la quinta 8%, para la sexta 3,4% y para la séptima 2,5%.

Para el *Bosque secundario joven*, el porcentaje de la primera clase fue 44,1%, para la

segunda 6,7%, para la tercera 30,6%, para la cuarta y quinta 5,5%, y para la sexta y séptima 3,7%.

Para el *Rastrojo*, el porcentaje de la primera clase fue 60,6%, para la segunda 6%, para la tercera 10,6%, para la cuarta 13,6%, para la quinta 7,5% y para la sexta 1,5%.

Clase	Bosque Primario		# IND
	INTERVALOS (cm)		
1	0,0032	0,10	194
2	0,10	0,19	38
3	0,19	0,29	15
4	0,29	0,38	7
5	0,38	0,48	4
Bosque Secundario Tardío			
1	0,01	0,06	141
2	0,06	0,11	13
3	0,11	0,17	27
4	0,17	0,22	21
5	0,22	0,28	19
6	0,28	0,33	8
7	0,33	0,39	6
Bosque Secundario Joven			
1	0,01	0,05	72
2	0,05	0,10	11
3	0,10	0,14	50
4	0,14	0,19	9
5	0,19	0,24	9
6	0,24	0,28	6
7	0,28	0,33	6
Rastrojo			
1	0,01	0,03	40
2	0,03	0,05	4
3	0,05	0,07	7
4	0,07	0,09	9
5	0,09	0,11	5

Tabla 1: Clases diamétricas para las cuatro zonas de muestreo

Dominancia

El área basal es importante para la determinación de la Dominancia Horizontal; con este parámetro se sacaron los datos de Dominancia absoluta y relativa, así que para el *Bosque primario* las especies más dominantes fueron *Diplostephium sp2* (2.448), *Gaiadendron punctatum* (2.154), *Hesperomeles goudotiana* (1.209), *Miconia ligustrina* (2.397), *Myrsine coriacea* (1.205) y *Weinmannia tomentosa* (83.546), ver Figura 3.

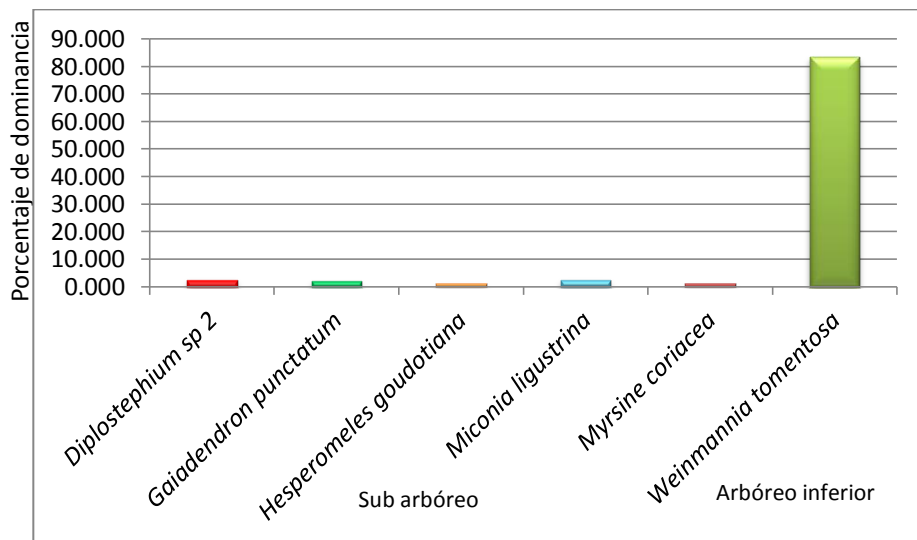


Figura 3. Bosque primario, especies y dominancia

Para el *Bosque secundario tardío* las especies más dominantes fueron: *Ageratina asclepiadea* (2.841), *Cavendishia bracteata* (1.686), *Drymis granadensis* (2.686), *Miconia latifolia* (2.383) y *Weinmannia tomentosa* (85.570), ver Figura 4.

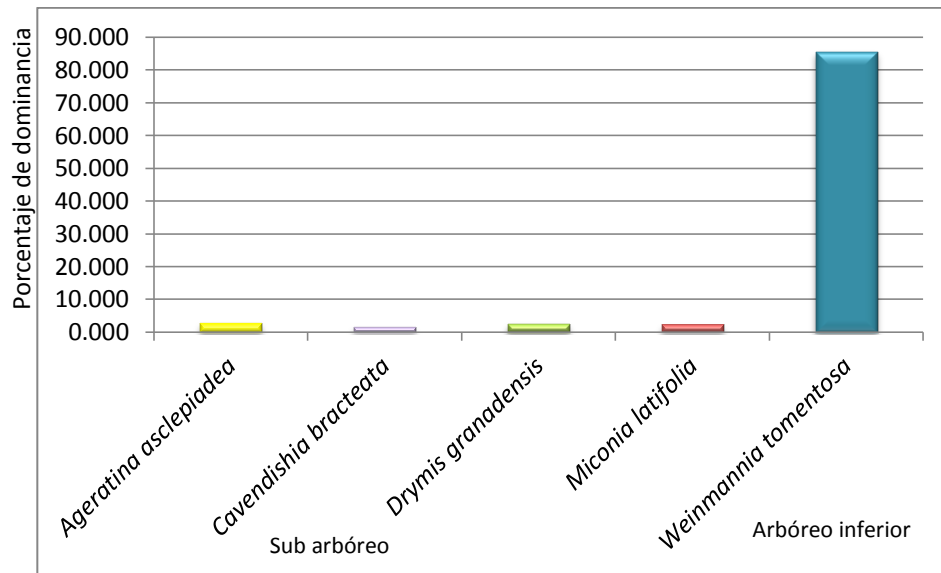


Figura 4. Bosque secundario tardío, especies y dominancia

Para el *Bosque secundario joven* las especies más dominantes fueron: *Alnus acuminata* (55.497), *Smallanthus pyramidalis* (44.039), ver Figura 5.

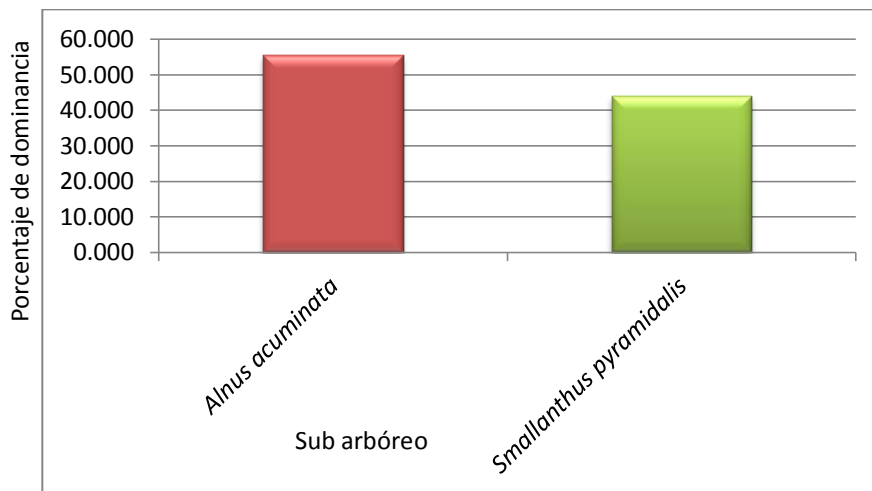


Figura 5. Bosque secundario joven, especies y dominancia

Para el *Rastrojo* las especies más dominantes fueron: *Alnus acuminata* (85.371) y *Ulex europaeus* (10.392), ver Figura 6.

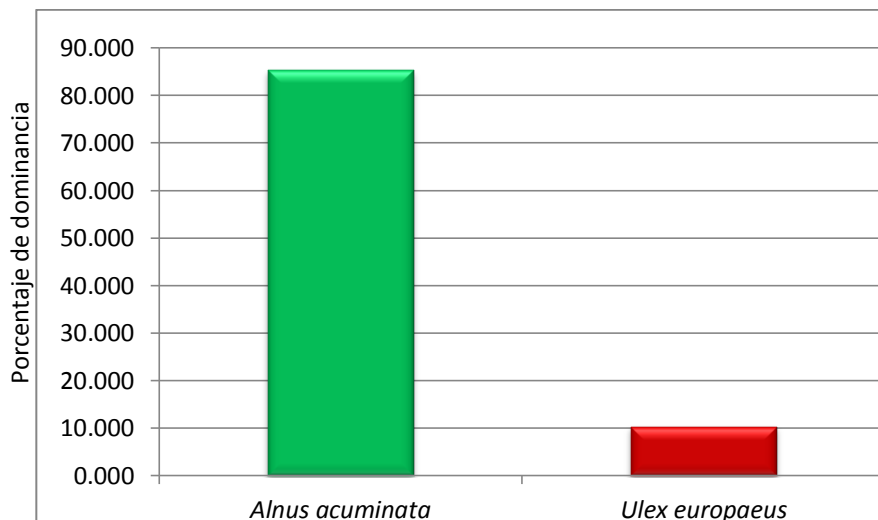


Figura 6. Rastrojo, especies y dominancia

Densidad

Se calculó la densidad de relativa de cada especie para cada muestreo, siendo así: para el *Bosque primario* las especies que obtuvieron los valores de densidades relativas más altas fueron: *Weinmannia tomentosa* (27.4131), *Myrsine coriácea* (7.7220), *Miconia ligustrina* (8.1081), *Diplostephium sp 2* (6.9498) y *Drymis granadensis* (6.1776).

Para el *Bosque secundario tardío* las especies que tuvieron las densidades más altas fueron: *Weinmannia tomentosa* (33.7607), *Rubiaceae sp* (17.5214), *Ageratina asclepiadea* (7.6923), *Myrtaceae sp* (7.6923) y *Drymis granadensis* (6.4103).

Para el *Bosque secundario joven* las especies que presentaron densidades más altas fueron: *Smallanthus pyramidalis* (39.264), *Alnus acuminata* (28.221), *Digitalis purpurea* (8.5890), *Viburnum triphyllum* (4.9080) y *Myrcianthes sp* (3.6810).

Para el *Rastrojo* las especies con mayores densidades fueron: *Alnus acuminata* (37.879), *Rubus glaucus* (19.697), *Digitalis purpurea* (13.636) y *Ulex europaeus* (12.121).

En la Figura 7 se aprecian las densidades por estrato de altura en cada zona de muestreo. Solo para el *Bosque primario* se encontraron los 5 estratos propuestos, mientras que en el *Bosque secundario tardío* el estrato rasante no aparece, pero si el arbóreo inferior; y para las parcelas del *Bosque secundario joven* y *Rastrojo* el estrato arbóreo inferior no se encuentra, pero el rasante sí; lo anterior prueba que los últimos dos muestreos están en etapas de sucesión, muy jóvenes.

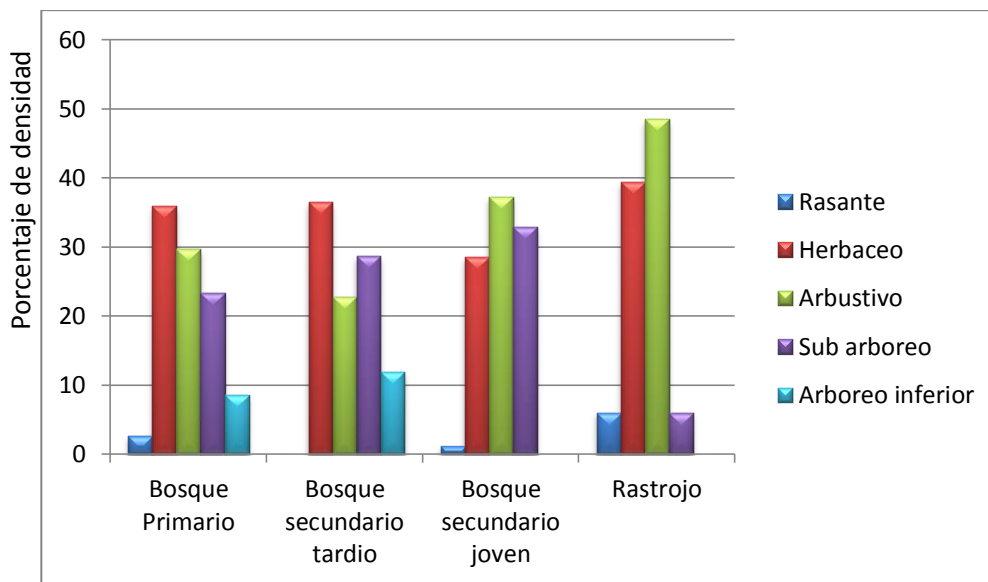


Figura 7. Densidades por estratos de altura

Cobertura

Para el *Bosque primario* se evidencia que *Weinmania tomentosa* es la especie que abarca más cobertura en el estrato arbóreo inferior, y por ende es dominante en casi todo el dosel (Figura 8).

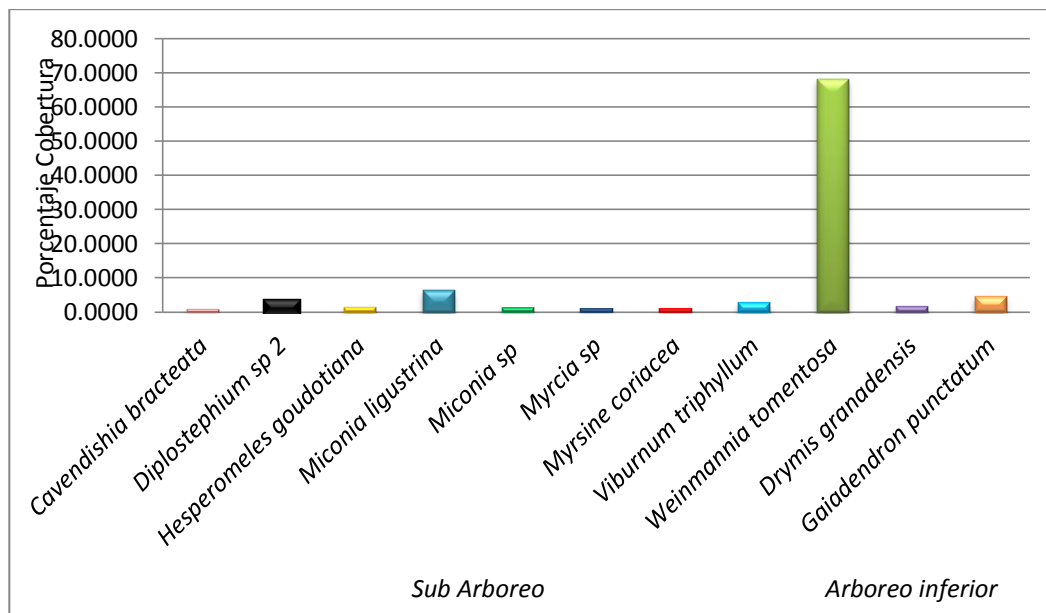


Figura 8. Bosque primario, cobertura de las especies por estrato

Para el *Bosque secundario tardío*, al igual que en el *primario*, *Weinmannia tomentosa* es la más dominante en su estrato y en el dosel de la parcela (Figura 9).

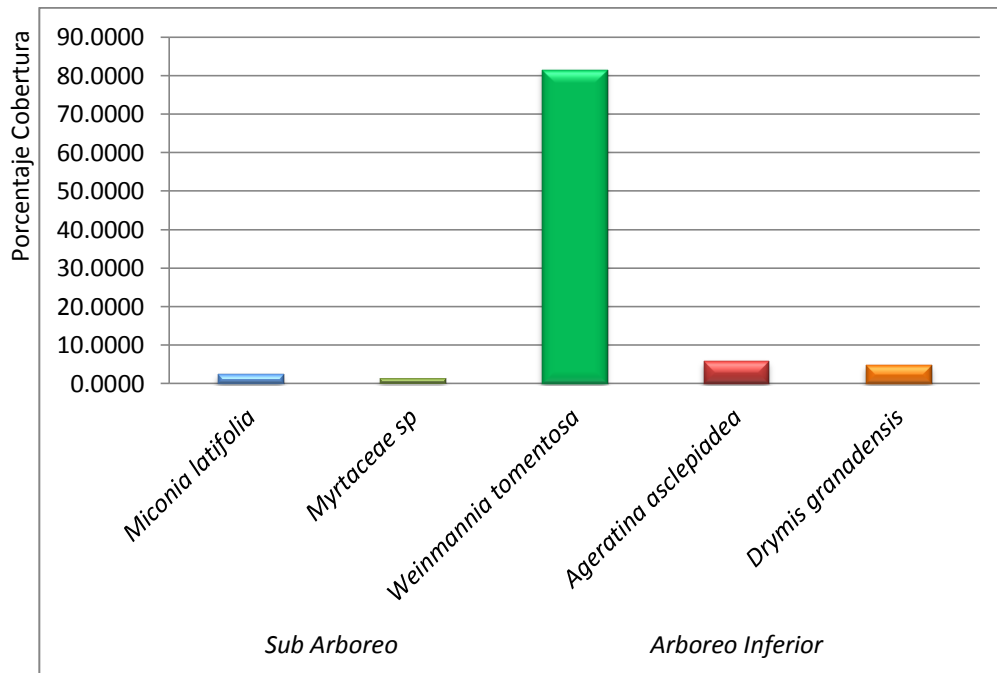


Figura 9. Bosque secundario tardío, cobertura de las especies por estrato

Para el *Bosque secundario joven*, la cobertura está dominada por dos especies, *Alnus acuminata* (Aliso) y *Smallanthus pyramidalis* (Arboloco), siendo esta última la que más domina en el dosel (Figura 10).

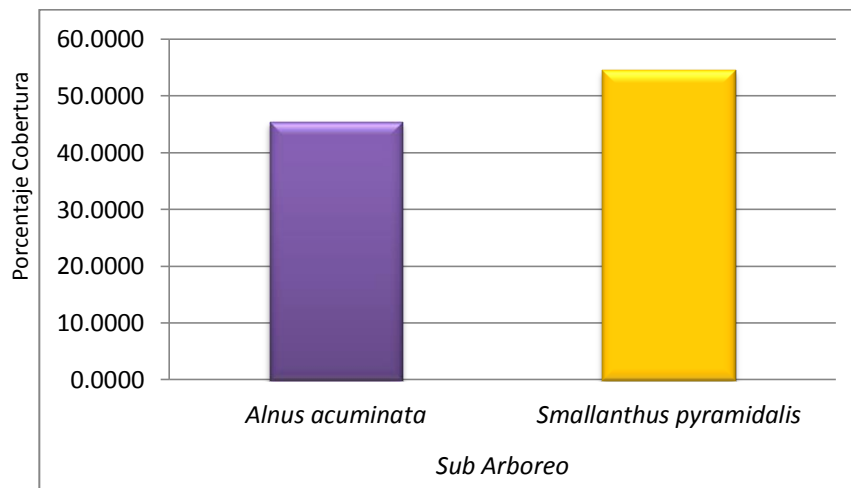


Figura 10. Bosque secundario joven, cobertura en las zonas de muestreo

Para el *Rastrojo* los pocos individuos del Aliso (*Alnus acuminata*), eran los que sobresalían y eran parte representativa de la cobertura, que hasta ahora se estaba empezando a formar (Figura 11).

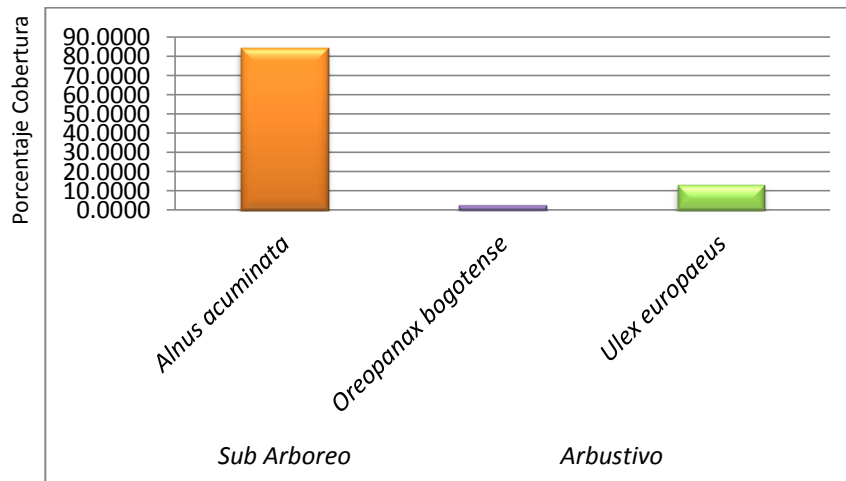


Figura 11. Rastrojo, cobertura de las especies por estrato.

Diversidad

Índice de valor de importancia Simplificado (IVIs) e Índice de predominio fisionómico (IPF)

Para el *Bosque maduro*, las especies con mayores valores de IVIs fueron *Weinmannia tomentosa* (110) en el estrato arbóreo inferior, y en el sub arbóreo *Miconia ligustrina* (10.5), y para el IPF, en el sub arbóreo, *Miconia ligustrina* (17) y en el arbóreo inferior *Weinmannia tomentosa* (179), ver Tabla 6.

Estrato	Especies	IVIs	IPF
Subarbóreo	<i>Diplostephium sp 2</i>	9.39	12.65
	<i>Drymis granadensis</i>	7.28	9.18
	<i>Gaiadendron punctatum</i>	6.40	10.98
	<i>Miconia ligustrina</i>	10.50	17.04
	<i>Myrsine coriacea</i>	8.92	10.27
Arbóreo inferior	<i>Weinmannia tomentosa</i>	110.95	179.18

Tabla 2. Bosque primario, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF)

Para el *Bosque secundario tardío*, las especies con mayor valor de IVIs fueron *Weinmannia tomentosa* (119) para el estrato arbóreo inferior y *Rubiaceae sp* (18) para el estrato sub arbóreo; para el IPF en el estrato sub arbóreo, *Rubiaceae sp* fue la que tuvo el valor más alto (19), y para el estrato arbóreo inferior *Weinmannia tomentosa* fue la que tuvo mayor valor con 200 (Tabla 7).

Estrato	Especies	IVIs	IPF
Sub arbóreo	<i>Ageratina asclepiadea</i>	10.53	16.37
	<i>Drymis granadensis</i>	9.10	14.03
	<i>Miconia latifolia</i>	7.94	10.44
	<i>Myrtaceae sp</i>	8.72	10.10
	<i>Rubiaceae sp</i>	18.77	19.76
Arbóreo inferior	<i>Weinmannia tomentosa</i>	119.33	200.88

Tabla 3. Bosque secundario tardío, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF)

Para el *Bosque secundario joven*, el único estrato presente de acuerdo a estos índices, fue el sub arbóreo, y las especies que lo dominan fueron *Alnus acuminata* con 83.7 de IVIs y 129 de IPF, y *Smallanthus pyramidalis* con 83.3 de IVIs y 137.8 de IPF (Tabla 8).

Estrato	Especies	IVIs	IPF
Sub arbóreo	<i>Alnus acuminata</i>	83.72	129.13
	<i>Smallanthus pyramidalis</i>	83.30	137.89

Tabla 4. Bosque secundario joven, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF)

Para el *Rastrojo*, en el estrato sub arbóreo, *Alnus acuminata* fue la que obtuvo un mayor valor de IVIs (123.2) al igual que su IPF (207.6), y en el estrato Arbustivo, *Ulex europeus* fue la que tuvo un mayor valor de IVIs (22.5) y de IPF (35.6), ver Tabla 9.

Estrato	Especies	IVIs	IPF
Subarbóreo	<i>Alnus acuminata</i>	123.25	207.65
Arbustivo	<i>Ulex europaeus</i>	22.51	35.61

Tabla 5. Rastrojo, Índice de Valor Simplificado (IVIs) e Índice de Predominio fisionómico (IPF)

Diversidad Alfa y Beta

El levantamiento donde se encontró la mayor diversidad de especies fue el *Bosque primario*, con índices Shannon de 2,87, Simpson de 0,9 y Margalef 6,83; en segundo lugar estuvo el *Bosque secundario tardío* con valores de 2,2 para el índice Shannon, de 0,83 para Simpson y 4,6 para Margalef. Con respecto a las otras dos parcelas, estas fueron las que presentaron valores bajos de diversidad, por ejemplo el *Bosque secundario joven* presentó un valor de 1,8 para el índice Shannon, 0,75 para Simpson y para Margalef con un valor de 2,5; en el *Rastrojo* como era de esperarse, se presentaron valores bajos para los 3 índices de diversidad, así, Shannon tuvo un valor de 1,75, Simpson 0,78 y Margalef 1,9.

Índice de similaridad de Jaccard

Con el diagrama de la Figura 12 se puede observar que no existe un porcentaje de similaridad significativo, igualmente las zonas muestreadas se agrupan en 2 grupos y se dividen a su vez en *Bosque primario* y *Bosque secundario tardío* y en *Bosque secundario joven* y *Rastrojo*. Se comparten el 0,24 de las especies en *Bosque primario* y *secundario tardío*, siendo Asteraceae, Cunoniaceae, Ericaceae, Melastomataceae, Myrsinaceae, Orchidaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Solanaceae y Winteraceae, las familias que comparten estas dos zonas de muestreo. Hay familias que se encuentran en las 4 parcelas como Asteraceae, Melastomataceae y Rosaceae. Además, los estados sucesionales tardíos comparten ciertas especies características de Bosque Altoandino como *Viburnum triphyllum*, *Ageratina asclepiadea*, *Weinmannia tomentosa*, *Bejaria resinosa*, *Cavendishia bracteata*, especies del género *Miconia*, *Myrsine guianensis*, *Elleanthus maculatus* y *Drymis granadensis*, y a su vez las parcelas de estados sucesionales primarios comparten especies como *Alnus acuminata*, *Rubus glaucus* y *Digitalis purpurea* (Figura 12).

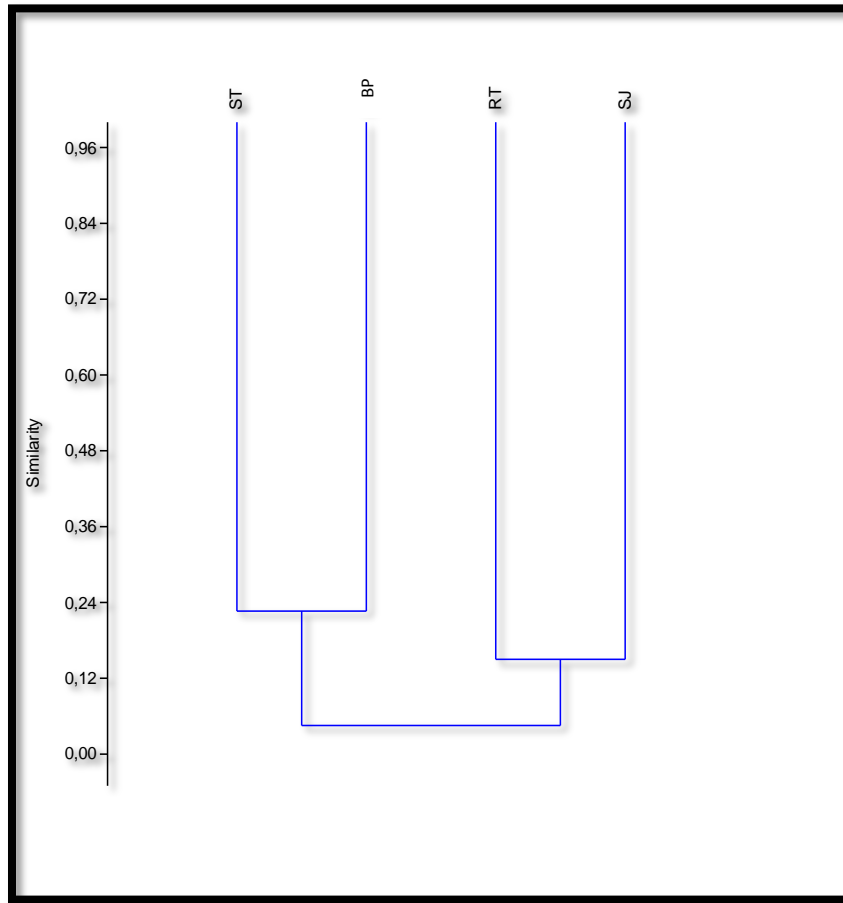


Figura 12. Similitud entre zonas según el índice de Jaccard. (ST: Bosque secundario tardío, BP: Bosque primario, RT: Rastrojo, SJ: Bosque secundario joven).

Análisis de Escalamiento Multidimensional no-métrico (NMDS)

La primera coordenada explica un 0.9876 (~99%) de los datos representados y la segunda un 0.0003758 (~0%). Estos resultados muestran en total un 99% de variación; esto conlleva a que sean solo dos ejes donde se explique el total de la muestra. Entonces en el eje X, en la parte superior derecha se separan los bosques secundarios, estos compartiendo algunas especies como *Viburnum triphyllum* y

Rubus glaucus; sin embargo, la zona más disímil de todas es el rastrojo, aunque comparte 3 familias con el bosque maduro (Asteraceae, Melastomatacea y Rosaceae). Entre más cercanos estén los puntos, más características comparten, así el eje Y separa del lado izquierdo al *Bosque primario* y al *secundario tardío*, dando a entender que estos dos bosques son los más similares, de acuerdo a su composición, compartiendo especies como *Weinmannia tomentosa*, *Drymis granadensis*, *Ageratina asclepiadea*, *Bejaria resinosa*, *Miconia latifolia*, entre otras; finalmente el *Bosque secundario joven* también fue muy diferente del resto (Figura 13).

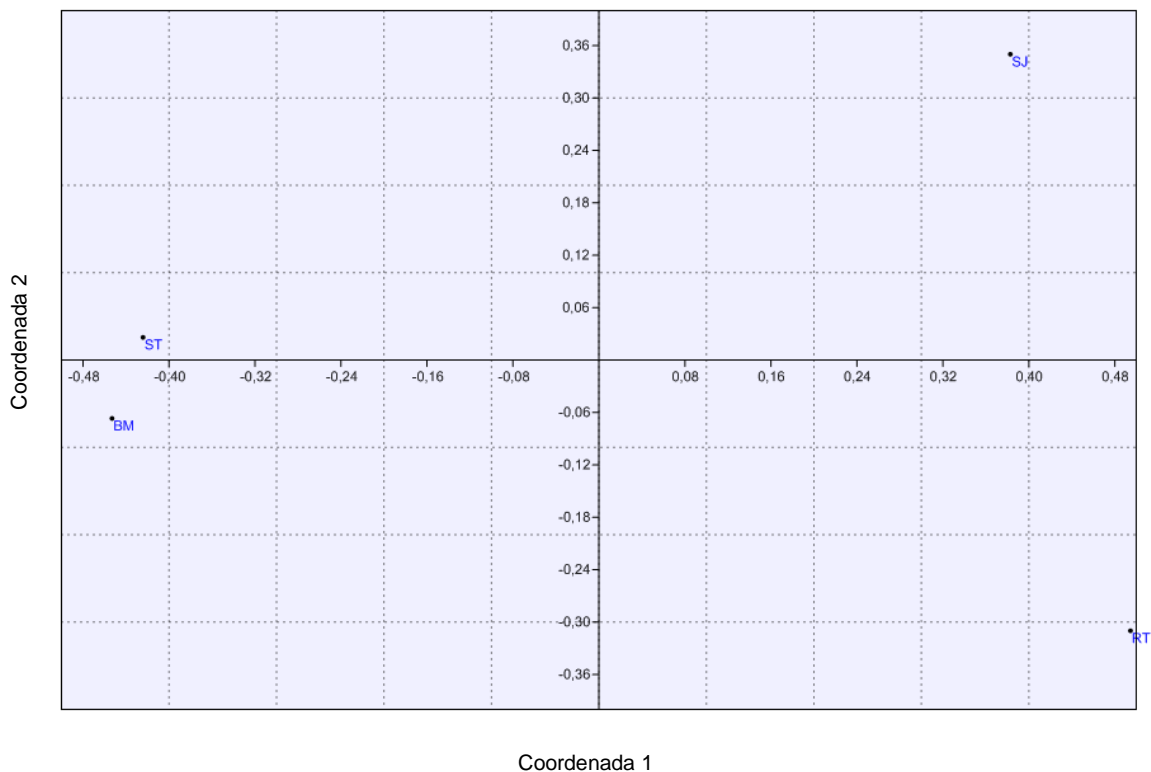


Figura 13. Análisis de escarmento multidimensional no-métrico. BM: Bosque primario. ST: Bosque secundario tardío. SJ: Bosque secundario joven. RT: Rastrojo

Especies propuestas para llevar a cabo planes de restauración próximos en la reserva

Teniendo en cuenta que especies presentaron una mayor abundancia en las zonas de muestreo y sabiendo su ecología y biología, se han propuesto junto a otras especies, que sean estas, las primeras para dar inicio a los planes de restauración que se llevaran a cabo en la reserva biológica. Se proponen especies para la restauración en los estratos herbáceo, arbustivo y sub arbóreo, además se presentan características biológicas y ecológicas de gran importancia cuando se quiere emplear la restauración.

La especie *Lupinus bogotensis*, no se encontró en ninguna zona de muestreo pero se está proponiendo debido a que por su biología y ecología esta especie ha sido muy exitosa cuando se hace restauración de los bosques altoandinos en los estratos más bajos.

Se sabe que en el vivero de la reserva, ya existen algunas de estas especies propuestas; esto porque, se han llevado planes de reforestación, donde especies como Aliso y Encenillo se han utilizado para este fin; esto nos da una ayuda adicional, debido a que ya existen plántulas de estas especies en la reserva, faltando solo la implementación de las demás especies propuestas.

Especie	Estrato	Características biológicas y ecológicas	Vivero de la Reserva
<i><u>Lupinus bogotensis</u></i>	Herbáceo y arbustivo	Rápida colonización, ciclo de vida corto, especie facilitadora, buena competidora, fijadora de N	
<i>Baccharis latifolia</i>	Herbáceo y arbustivo	Crea parches de su especie	
<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Arbustivo y sub arbóreo	Rápido crecimiento, cobertura de dosel amplia, alta formación de hojarasca, buena conformación del banco de semillas	X
<i>Weinmannia tomentosa</i>	Arbóreo	Pionera, +colonización, - competencia	X
<i>Viburnum triphyllum</i>	Sub arbóreo	Plántulas crecen rápido, zoocoria (abono) y puede germinar en cualquier tipo de bosque	
<i>Oeropenax bogotensis</i>	Arbóreo	Crecimiento rápido	
<i>Alnus acuminata</i>	Arbóreo	Pionera, semillas germinan muy bien en terrenos descubiertos, plántulas se elevan velozmente	X

Tabla 6: Especies propuestas para la restauración.

Discusión

Los patrones de la vegetación observados en el área de estudio son el resultado de dos factores principales, con fuerte relación entre ellos: la influencia antrópica y la sucesión natural. El ser humano al deforestar causa impactos importantes en la vegetación original y en algunos casos puede llegar a desaparecerla; la sucesión natural tiende al retorno gradual de la vegetación original, y a su vez trata de regenerar condiciones bióticas, que recrean condiciones similares a cuando estaba sin ninguna perturbación. (Cortes *et al.* 1999)

Composición Florística

De acuerdo con número de familias, géneros y especies, las zonas de muestreo que presentaron una mayor diversidad fueron: el bosque primario y el bosque secundario tardío; así mismo lo indican los índices de Shannon (2.87 y 2.27), Simpson (0.89 y 0.83) y Margalef (6.83 y 4.57); además, hay una alta dominancia por una especie (*Weinmannia tomnetosa*), la cual se ve reflejada en el valor del IVIs (111 y 119.3) y el IPF (179.1 y 200.8). Se menciona que esta especie solo se presenta en estos dos tipos de bosques de sucesión tardía. Las condiciones de estos bosques presentan características apropiadas para el establecimiento de varias especies y a su vez presentan una variación de nichos, por la cantidad de recursos disponibles que ofrecen.

La familia Asteraceae fue la más abundante en todo el estudio, y presenta una característica muy importante, que es la asociación a zonas perturbadas como

potreros y claro de bosque, donde las condiciones le favorecen para su colonización; también su gran diversidad a nivel mundial puede atribuirse, a factores como sus excelentes mecanismos de dispersión como la anemocoria (Muñoz, 2011).

De acuerdo con otros estudios, cuando los sitios son intervenidos con intensidades bajas o moderadas y los bancos de semillas se encuentren cerca, la riqueza de especies se recupera de forma rápida, pero conforme aumenta la intensidad con la que se explotan los terrenos, la riqueza de especies se recuperará más lentamente por la compactación del suelo, las limitaciones espaciales de la dispersión de semillas y las posibilidades de que se den disturbios de origen natural como incendios (Uhl *et al.*, 1988; Guariguata & Ostertag, 2001).

La diversidad va aumentando de acuerdo con la disminución del nivel de perturbación que han tenido los parches del bosque, es decir, a mayor grado de perturbación disminuye la diversidad, esto genera más viabilidad para la llegada de especies exóticas como el Retamo espinoso (*Ulex europeaus*) (Beltrán & Barrera, 2014) que lo encontramos en la parcela del rastrojo, o sencillamente se presentan especies que se asocian muy bien a condiciones donde ha habido una perturbación, como *Digitalis purpurea* (Cáceres & Ghesquiere, 2009), que estaba en el rastrojo y en el bosque secundario joven; estos son los tipos de vegetación con estados sucesionales primarios.

Estructura Vertical

De acuerdo a las clases de alturas, el Bosque primario presentó un estrato rasante y herbáceo compuesto por 18 familias. El estrato arbóreo está dominado en su totalidad por el Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), el cual, por su biología y ecología, coloniza los estratos más altos, y por ende genera un dosel solo de su especie. Según Ramos (2001), este árbol se comporta como árbol pionero de ciclo largo, o como una especie secundaria tardía, debido a que invierte su energía más en colonizar que en competir, generando colonización sobre las demás especies en el estrato arbóreo inferior y así desplaza al resto a estratos más bajos; lo anterior se observa también en el Bosque secundario tardío, en menor medida, en donde hay condiciones de mayor radiación lumínica, que hace que el Encenillo no se desarrolle bien, y que colonicen otras especies los estratos más altos, o que simplemente dejen de haber Encenillos, como se aprecia en el Bosque secundario joven, donde sus estratos altos están conformados por *Alnus acuminata* y *Smilax pyramidalis*. Dependiendo de la escala de intervención de los bosques, es donde comienzan a ser más diversos los estratos herbáceo y arbustivo; según la teoría del disturbio intermedio, que sugiere que la máxima diversidad de una comunidad se alcanza con intensidades media de disturbio, hay pequeños disturbios, como la creación de claros que generan nuevos espacios, aumentando la diversidad (Vega & Peters, 2008). También se puede inferir que existen más especies generalistas en estos estratos, familias como Rubiaceae y Asteraceae, inclusive Melastomataceae, son más diversas a medida que aumenta el nivel de conservación del bosque; lo anterior porque en los primeros estados de

sucesión las comunidades son más fluctuantes, haciendo que su diversidad varíe, mientras que en estados más conservados los ecosistemas están en un mayor equilibrio, induciendo a que las especies y las familias permanezcan y sean las mismas (Villareal et al. 2004.)

En el Bosque primario y en el secundario tardío el género predominante es *Weinmannia*, este segundo, con la particularidad de que no se removió toda la cobertura vegetal cuando se inició el proceso de potrerización, sino que se removieron los estratos más bajos, como herbáceo y rasante en el sotobosque y se dejaron potreros con sombrío dominados por *Weinmania*, que son los individuos de mayor edad del bosque, como respuesta a su rápida colonización en el estrato arbóreo. Luego de este disturbio, la vegetación que colonizó fue de especies nativas y no introducidas; lo anterior establece que el microclima que generaron las especies que no se removieron, ayudaron a la proliferación de especies nativas del Bosque Altoandino, como *Viburnum triphyllum*, *Drymis granadensis*, *Bejaria resinosa* y *Miconia ligustrina*; en consecuencia, existe similitud entre el Bosque secundario tardío y el Bosque primario, a diferencia del Rastrojo, en el cual no dejaron una cobertura alguna que amortiguara los efectos de la potrerización, como el exceso de la radiación y fuertes vientos que hace que el establecimiento de plántulas disminuya (Nepstad et al., 1996), y así dificulta el crecimiento de radicular (Cavelier et al., 2001), desaparece el banco de semillas típicas de bosque y afecta las micorrizas del suelo, que son vitales para el establecimiento de las mayoría de las plantas vasculares (Aide & Cavelier, 1994). Lo expuesto lleva a que aumente la competencia con pastos, y se

facilite la llegada de especies exóticas, como el retamo espinoso (*Ulex europaeus*), obstaculizando en consecuencia los procesos de restauración de los ecosistemas a largo plazo, ya que entran a competir con las especies nativas (Holl, 2002).

Estructura Horizontal

Respecto a clases diamétricas, algunos autores reportan para el trópico que las características estructurales, al igual que la riqueza y composición florística, pueden llegar a parecerse a la de bosques primarios durante los primeros 30 a 50 años de la sucesión (Ewel 1980; Brown & Lugo, 1990, Ferreira & Prance, 1999), o al contrario, puede tardar más dependiendo del uso previo del suelo (Finegan 1996; Ferreira & Prance, 1999, Guariguata & Ostertag, 2001, De Walt *et al.* 2003). Esta teoría sugiere que datos con valores más bajos son característicos de zonas más perturbadas, o con procesos de perturbación más reciente. En el caso específico de la potrerización, como se muestra en los resultados obtenidos en la parcela rastrojo y en la del secundario joven; mientras que las parcelas más conservadas presentan clases diamétricas de valores más altos con más individuos, debido a que las presiones antrópicas no han sido tan fuertes, como se muestra en las Tablas 2 y 3. Si bien los datos de las áreas perturbadas son bajos en general, hay que tener en cuenta que la perturbación por la potrerización a la que estuvieron sometidos estas coberturas fue muy drástica, ya que se removió toda la cobertura vegetal; el análisis anterior se deduce de la información obtenida en las entrevistas realizadas en el área del estudio, donde se constituyó una cobertura vegetal diferente, como la de pastos para ganadería, con la excepción de algunas partes como las del rastrojo, en la que faltó

mantenimiento y constancia en el proceso de restauración y llevó a que especies exóticas como *Ulex europaeus* y *Digitalis purpurea*, colonizaran de forma rápida y exitosa.

Dominancia

Cuando es más intervenido el bosque, es mayor la dominancia por pocas especies, como vemos en el bosque secundario joven donde la dominancia se le atribuye a *Smallanthus pyramidalis* y *Alnus acuminata*; mientras que en áreas más conservadas, la dominancia por las pocas especies es menos notoria, repartándose esta entre mayor número de especies. También vemos que en los bosques más intervenidos la dominancia está dada por especies introducidas especialmente en el rastrojo; esto se presenta porque estas especies se ven favorecidas por las altas concentraciones de radiación lumínica o disponibilidad de nutrientes.

Es de gran importancia resaltar la gran abundancia y dominancia de la Asteraceae, *Smallanthus pyramidalis* en la zona del bosque secundario joven; esta es una especie importante para la restauración, debido a que su rápido crecimiento genera una cobertura de dosel amplia y una alta formación de hojarasca; además, produce una buena conformación del banco de semillas; lo anterior se evidenció en campo, con plántulas de esta especie en el estrato bajo de esta parcela. Esta especie se considerada clave para procesos de restauración ecológica en Bosques Altoandinos, además que es una especie nativa, se corrobora que ha sido exitosa, por lograr su permanencia y dominancia en el estrato sub arbóreo, con algunos individuos en

estratos inferiores como en el herbáceo y arbustivo, que es confirmado los resultados para esta zona del muestreo (Fernández *et al.*, 2007; Ávila *et al.*, 2009; León, 2007).

Densidad

Aide *et al.* (1995) y Saldarriaga (1991) sugieren que el área basal y la biomasa aérea total son inversamente proporcionales a la densidad de los árboles en un proceso de sucesión; lo anterior tiene concordancia con lo encontrado en este trabajo, debido al desarrollo de los ecosistemas boscosos de un proceso de sucesión secundaria, donde el bosque secundario joven se caracterizó por presentar mayor densidad de individuos en los estratos arbustivo y subarbóreo, y bajos valores de área basal en relación con los del bosque primario, ver Figura 7.

Los bosques primario y tardío presentaron más individuos en los estratos herbáceos y arbustivo, esto se debe a que pese a que las plantas se vean sometidas a estrés lumínico, esto se ve compensado por las condiciones microclimáticas que le ofrece el ecosistema, las cuales le ayudan a perdurar en el tiempo; las poblaciones de especies del estrato sub arbóreo y arbóreo inferior se han mantenido estables, ya que no permiten que otras especies colonicen el estrato, lo cual se ve reflejado en el número de individuos por estrato que es muy bajo, ver Tabla 7. Si bien el comportamiento del secundario joven y el rastrojo es muy similar, en cuanto a los estratos herbáceo y arbustivo, sus valores son mayores, ya que en estos dos estratos están ubicados los hábitos biológicos de las especies introducidas y presentes en el área de estudio

(*Ulex europeaus* y *Digitalis purpurea*); lo anterior está soportado en gran parte por los valores tan bajos de estratos sub arbóreo y arbóreo inferior.

Cobertura

Se observa en todas las parcelas que es una especie (*Weinmannia tomentosa*) dominante en el porcentaje de cobertura total; la diferencia radica en el número de especies que se reparte en el porcentaje restante de la cobertura. Los datos presentados en este trabajo concuerdan y muestran una correlación entre la dominancia y la cobertura, ya que en parcelas más conservadas habrá mayor diversidad de especies, que componen la cobertura, contrario a lo observado con las parcelas de estadios primarios de sucesión; el tamaño de las hojas en las pocas especies nativas que se encontraron en la parcela es pequeño, dando a entender que no requieren de toda la cantidad de luz que llega en la parcela, contrario al comportamiento de especies como el retamo espino, que es heliófila, y que le gusta esa cantidad de radiación y por lo tanto prolifera exitosamente en este tipo de ambientes (Beltrán & Barrera, 2014).

Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a la composición, el bosque secundario tardío y el bosque de referencia tienen más diversidad de especies (abundancia y riqueza); en cambio las parcelas con estadios de sucesión primarios tienen poca riqueza y abundancia de especies, sin embargo es importante resaltar que la Asteraceae *Smallanthus pyramidalis* fue muy abundante en la parcela de BS joven.

Según la estructura (vertical y horizontal), en el BS tardío y en el bosque de referencia la dominancia, densidad y cobertura se veían atribuidas especialmente a la sp *W. tomentosa*; relacionado el BS tardío con la potrerización donde se removió casi toda la cobertura vegetal de estratos inferiores y se dejaron individuos de gran porte de esta especie. En el BS joven, la densidad se le atribuye al estrato arbustivo y sub arbóreo y no hay individuos en el arbóreo inferior y en el rastrojo el herbáceo y el arbustivo, es donde sus valores altos nos demuestran que están en etapas de sucesión muy tempranas.

Se debe hacer un esfuerzo de muestreo más riguroso, debido a que este fue un primer ejercicio experimental y preliminar de la asociación ACOICE, para saber cuáles son las especies más representativas del bosque y poder emplearlas en planes de restauración próximos en la reserva.

Se recomienda que se trabaje desde la parte de historias de vida o ecología funcional de las especies vegetales.

Es importante hacer mediciones rigurosas de los microambientes según aumente el nivel de sucesión, para ver si este está cumpliendo las mismas condiciones a las del bosque de referencia, lo cual es de gran importancia cuando se quiere hacer un plan de restauración.

Al emplearse el plan de restauración, es importante realizar un monitoreo continuo, para saber si la restauración está siendo exitosa o no.

Agradecimientos

Primero doy gracias al Universo por permitirme la vida, el hoy y el ahora, a mis padres Angela y Ernesto y a mi hermano Jorge, por su apoyo incondicional y buena energía en este proceso de formación académica.

A la Fundación Natura y a la Reserva biológica de Encenillo, en especial a sus encargados, por permitirme entrar y estudiar la zona, sin su ayuda no hubiese sido posible el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros y amigos, Alejandro Aguilera, David Díaz y David Olaya, por acompañarme en campo un sin número de veces y por sus sabios consejos en la realización de este trabajo.

A Ana Belén Hurtado, por la ayuda con las identificaciones del material. Igualmente a Milena Moreno, por su ayuda incondicional en los análisis estadísticos, y el resto de la identificación de las muestras, gracias por las horas que invertiste explicándome los procesos.

Y a la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales de la Universidad Javeriana, por el préstamo de equipos para las mediciones ambientales y por permitirme usar el laboratorio de ecología evolutiva y conservación.

2. MARCO TEORICO AMPLIADO

2.1 Descripción del problema

En consideración a que el Bosque Altoandino de la Sabana de Bogotá, y en otros lugares de Colombia, ha sido altamente alterado, debido al aumento de la presión antrópica que se ha venido ejerciendo sobre éste en las últimas décadas, se desarrolla este trabajo de Tesis donde se investiga la organización del bosque en la Reserva Biológica Encenillo, ubicada en Guasca (Cundinamarca). Las principales alteraciones del bosque, muchas de ellas de origen antrópico, que han contribuido a la pérdida de sus atributos, en lo relacionado con la estructura, composición y funcionamiento, son: cambios en la hidrología local con afectación en la capacidad de retención de agua en los suelos, pérdida de suelo por erosión, introducción de especies invasoras, fragmentación de hábitats, deforestación, incendios forestales, plantaciones forestales de especies exóticas, aumento de la frontera agrícola y pecuaria, entre otras (Tobón, 2009; Acosta, 2014; Acuña, 2010; Laurance *et al.*, 2011; Gibson *et al.*, 2013).

Para el desarrollo de este trabajo se considera importante estudiar la sucesión de la vegetación en la Reserva Biológica Encenillo, donde se documentan historias de perturbaciones previas, con el objeto de entender cómo se están comportando las especies vegetales, producto de algunos impactos. La perturbación en la que se

enfoca este trabajo de Tesis es la Potrerización, que se define como el reemplazo de bosques por potreros para ganadería y agricultura, los cuales están dominados por especies herbáceas exóticas como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o la falsa poa (*Holcus lanatus*). De algunas investigaciones se ha establecido que la matriz continua de pastos constituye una barrera física que impide la llegada de semillas al suelo y su posterior implantación (Meli, 2003; Dalling, 2001); esta llegada de semillas al suelo retrasa la llegada de especies sucesionales tempranas y tardías (Klejin, 2003), fenómeno de gran importancia para la sucesión natural de un lugar. A su vez, esta perturbación impide la colonización de especies nativas hacia dichas áreas, retrasando de esta manera los diferentes procesos de sucesión natural del bosque (Dávila *et al.*, 2013).

2.2 Justificación

Colombia es un país con diferentes características climáticas, orográficas y culturales. Los mayores centros poblados y de desarrollo de Colombia se ubican en la región andina, la cual ha sido el principal polo de desarrollo cultural y económico del país. Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta un incremento en la demografía, acompañada de una falta de planificación territorial, lo que ha conducido a un aumento en las amenazas y vulnerabilidades de la región, que se manifiesta en la transformación y destrucción de las coberturas vegetales y por ende de los ecosistemas andinos (Castaño-Uribe, 1991; Cavelier, 1991, Van der Hammen & Rangel, 1997). Se menciona también que en la reserva Encenillo existía, aproximadamente, hace 20 años la actividad extractiva de piedra caliza en una mina,

pero hoy en día está inactiva; también existió la extracción de maderas de plantaciones de especies exóticas; estas eran las principales actividades para el sustento de los pobladores cercanos a la reserva. Por las razones expuestas, es importante estudiar la sucesión vegetal en el lugar, con el objeto de entender y conocer cómo se han venido comportando las comunidades vegetales desde el cese de dichas actividades extractivas que causaron impactos negativos en la reserva.

2.3 Antecedentes

Se relacionan algunas investigaciones o antecedentes relacionados con el Bosque Altoandino.

Según el Bosque Altoandino:

- Montenegro y Vargas (2008) analizaron el Bosque Altoandino con el objetivo de caracterizar tres tipos de borde en la Reserva Forestal de Cogua: 1) borde de *Scandens chusquea*, 2) borde "paramizado", y 3) borde de edad, caracterizado éste por estar en un estado sucesional tardío. Dos parches de bosque fueron elegidos para cada tipo de borde, y se analizaron 13 criterios; estos eran de orden topográfico, para micro-hábitat, estructura de la vegetación y la composición de las especies. Cada parche de la vegetación se evaluó por medio de dos transectos de 60 m perpendiculares al borde y a lo largo del interior de la matriz de punta del gradiente de bosque. Se identificaron todas las especies de plantas leñosas y se cuantifican para determinar su abundancia; también se midieron unas variables ambientales (temperatura del

aire, humedad relativa, velocidad del viento y radiación de luz) en uno de los transectos.

- Bonilla y Castro (2009) estudiaron plantas con características ecológicas de gran importancia en la regeneración de una comunidad. El objetivo de este estudio fue la identificación de grupos funcionales de dichas plantas en bordes de avance de un Bosque Altoandino en la cuenca alta del río Blanco (La Calera, Cundinamarca, Colombia) y la evaluación de su importancia en el curso de la sucesión secundaria en pastizales abandonados. Se realizó un levantamiento de vegetación de 10x10 m para el estrato arbóreo-arbustivo y de 1x1 m para el estrato herbáceo; la revisión de atributos vitales de las especies registradas se realizó por una clasificación multivariante de las especies en grupos emergentes de plantas. Los atributos más importantes para la clasificación de los grupos emergentes fueron el método de dispersión y la ramificación basal de tallo; se definieron cuatro grupos para las especies de estrato herbáceo y cinco para las del estrato arbustivo-arbóreo, los cuales reúnen especies con estrategias de colonización similares.
- Beltrán y Barrera (2014) caracterizaron las invasiones de Retamo Espinoso (*Ulex europaeus*) de diferente edad, como herramienta para la restauración ecológica del Bosque Altoandino (localidad de Usme, sur de Bogotá, Colombia). En esta investigación se consideraron tres edades de invasión: 1-3 años (invasión reciente), 18-22 años (invasión 20 años) y mayores a 40 años (invasión 40 años). La vegetación fue muestreada por el método del punto

intercepto, en transecto de 50 m. Se calculó el índice de valor de importancia (IVI), el índice de predominio fisionómico (IPF) y el índice de diversidad de Shannon–Wiener. En la invasión reciente el número de especies fue 29, en la de 20 años de 65 especies y en la de 40 años de 53 especies.

Según el área de estudio:

- Recientemente, Díaz (2015) estudió el efecto de las perturbaciones antrópicas, como la introducción de especies como *Pennisetum clandestinum*, *Ulex europaeus*, *Melinis minutiflora* entre otras y la ganadería de leche, en la diversidad de visitantes florales, polinizadores y la producción de frutos de Encenillo (*Weinmannia tomentosa*), en la reserva Encenillo en Guasca–Cundinamarca. Se evidenció que las perturbaciones antrópicas estudiadas tienen un efecto negativo en la diversidad de visitantes florales, polinizadores y también en la producción de frutos. Se observó que la perturbación antrópica con mayor efecto sobre estas variables fue la introducción de especies. En cuanto a la ganadería de leche, pese a tener un efecto negativo sobre la diversidad y la producción de frutos, no tuvo un efecto significativo, ya que se observó una leve disminución en relación a los valores obtenidos en la estación de muestreo más conservada. Por último, el autor llegó a la conclusión de que el tamaño de las inflorescencias también es un factor de importancia a la hora de evaluar la efectividad de polinización, ya que esta variable también fluctúa en parches conservados y en parches con algún tipo de perturbación antrópica

2.4 Area de estudio

La Reserva Biológica Encenillo, se localiza en la región de los Andes colombianos, cordillera Oriental, en la región de El Guavio, municipio de Guasca, departamento de Cundinamarca, vereda La Trinidad. Limita con las veredas Santa Helena de Guasca y Santa Ana Baja, y con los municipios de La Calera y de Sopó. Su límite altitudinal está entre los 2800 y los 3000 msnm. La temperatura oscila entre 4°C y 21°C, y la precipitación promedio es de 773 mm/año (IGAC, 2000).

Cuenta con un área de Bosque Altoandino sub-húmedo y seco de aproximadamente 52 hectáreas, que se caracteriza por presentar cuatro estratos: vegetación en el suelo compuesta por líquenes, musgos, hepáticas y algunas fanerógamas; estrato de vegetación herbáceo que corresponde a helechos, orquídeas, Piperáceas, Bromeliáceas; arbustos y árboles como Ericáceas, Asteráceas, Melastomatáceas, Rubiáceas, Rosáceas y Cunoniaceas; el último estrato está principalmente conformado por Encenillos (*W. Tomentosa*). Estos bosques cumplen con funciones de gran importancia como la regulación de agua que abastece la represa de Tominé, así como a fincas de producción ganadera y de descanso (Ramírez N., 2009).

Los bosques de la región donde se encuentra la Reserva, están altamente fragmentados e intervenidos por procesos de cacería y entresaca llevados a cabo en los últimos 50 años; también se señala un período continuo de extracción de piedra caliza. Se reconoce la fuerte invasión de la especie *Ulex europaeus* L (retamo

espinoso). Sin embargo los bosques de las zonas circundantes y los de la Reserva están en proceso de regeneración natural y de recuperación de suelos (Martínez *et al.*, 2005).

La Reserva, fundada como proyecto de la Fundación Natura, propende para que la existencia de estos lugares potencialice atributos importantes, en términos biológicos y ecológicos, y también con fines importantes para llevar a cabo estudios sobre los bosques andinos. Además, es un banco genético de especies con importancia ecológica y económica, un centro para la recuperación de áreas degradadas y para la prestación de servicios de educación ambiental y ecoturismo (Martínez *et al.*, 2005).

Figura 1.

2.5 Bosque Altoandino

Se considera a los Andes colombianos una de las áreas más biodiversas y completas del planeta, donde se han conformado Bosques Tropicales de zonas bajas (0-1.000 msnm), Bosques Tropicales Andinos y Subandinos (1.000-2.300 msnm), Bosques Tropicales Andinos o montes superiores (2.300 y 3.200-3.900 msnm), Bosques Altos Andinos (3.000-3.500/3.900 msnm), Páramos (sub, centro y súper páramo, 3.200-3.000 msnm, en adelante), y Cumbres Nivales a partir de 4.300 msnm (MinAmbiente *et al.*, 2002).

Los ecosistemas altoandinos son reconocidos como centros de diversidad y especialización a nivel mundial; sin embargo, estos han sido sometidos a disturbios debido al pastoreo de ganado vacuno y ovino, a los cultivos de papa, a las quemas

periódicas y la invasión de especies exóticas, entre otros (Cortés *et al.*, 1999; Cortés, 2003; Ríos 2005; Vargas, 2011; Barrera, 2011).

El Bosque Altoandino de la Reserva Biológica Encenillo, objeto de la investigación de este trabajo, se ubica en los Andes colombianos. La vegetación en los Andes colombianos es producto de gran variedad de factores tanto biológicos y geográficos que han interactuado a través del tiempo y han permitido la dispersión y colonización de las diferentes especies; los vientos, el clima, la orografía y el desplazamiento de placas tectónicas a nivel continental han influenciado también, de gran manera, la formación de las comunidades vegetales de dicho ecosistema (Van der Hammen, 1992; Barrera *et al.*, 2010; Cuesta *et al.*, 2012).

Según Camelo (2015), el Bosque Altoandino se caracteriza como una franja de vegetación, ubicada entre los 2750 hasta los 3300 msnm, y limita con el borde inferior del ecosistema de páramo. Los Bosques Altoandinos se ubican en Colombia sobre la región andina en las tres cordilleras y en una pequeña franja sobre la Sierra Nevada de Santa Marta. En la región andina, cordillera de los Andes, este bioma ocupa aproximadamente 7'445.367 ha (Romero M., 2008).

Los ecosistemas de alta montaña, como son los Páramos y el Bosque Alto Andino, son sistemas dinámicos interconectados, y están seriamente amenazados, sumado a la vulnerabilidad biológica, debido a: sucesos de extinción, destrucción masiva de hábitat naturales, donde más del 70% del área ha perdido su cobertura natural (Min Ambiente *et al.*, 2002), y por el aumento de la población.

Los límites entre los sistemas de alta montaña (Páramos y Bosque Alto Andino) no son constantes (Sturm y Rangel, 1985), y la vegetación depende de las condiciones climáticas y topográficas, la exposición a las corrientes eólicas, los suelos, la transformación antrópica y la altitud máxima de la formación montañosa (Vargas y Pedraza, 2004; Rangel-Ch, 2000; Holtmeier y Broll, 2005). Los sistemas de alta montaña están muy amenazados por el avance en el uso de la tierra en actividades económicas (Rangel-Ch, 2000; Rueda-Almonacid *et al.*, 2004; Caro, 2010); referencia tomadas del Instituto A. von Humboldt (2015).

En términos de vegetación, el Bosque Altoandino se caracteriza por contar con comunidades vegetales que presentan dominancia de encenillos (*Weinmannia* sp), con un dosel superior que puede alcanzar los 25 m en los bosques más conservados y maduros, acompañados de cucharos (*Myrsine* sp), canelo de páramo (*Drimys grandensis*) y miconias (*Miconia ligustrina*) (Cortés, 2008; Van der Hammen, 1998).

El Bosque Alto Andino, objeto de este trabajo de grado, se define como un bosque de porte mediano hasta bajo, que se encuentra entre el límite altitudinal del Bosque Andino y el Páramo o Subpáramo; se presenta en laderas abrigadas y húmedas. Se encuentra Encenillo, Rodamonte, Colorado, Compuestas, Ericaceae, etc. Las especies más sobresalientes son: *Ilex Kunthiana*, *Ilex Pernervata* Cuatrec., *Ilex colombiana* Cuatrec., *Oreopanax seemannianus*, *O. ruizanus*, *O. mutisianum* Decne & Planch, *O. fontquerianum*, *O. argentatum* Decne, *Schefflera Bogotensis* Cuatrec., *Saurauia* sp, *Weinmannia* sp, y a veces se encuentran palmas de cera como

Ceroxylon vogelianum H. Wendl, *C. ventricosum* Burret y *Ceroxylon quindiuense* H. Wendl. (Van der Hammen, 1998).

Cortés y Rangel (Cortés *et al.*, 2006; Cortés, 2008) reportan, en Camelo (2015), la presencia de bosques de encenillos secos, en las zonas con poca humedad relativa, y que se caracterizan por el aumento de las especies como *Miconia ligustrina*, *Ilex kuntiana*, *Clethra fimbriata*, *Diplostegium rosmarinifolium*, *Morella parvifolia*, *Ageratina tinifolia*, *Bucquetia glutinosa*, *Myrsine dependens*, *Symplocos theiformis* y *Vallea stipularis*.

Los ecosistemas de alta montaña, donde pertenece el Bosque Altoandino, se hacen cada día más significativos e importantes para la supervivencia del ser humano; este ecosistema y su interrelación con los diferentes ecosistemas, es un gran generador y regulador de recursos hídricos. Además de su interrelación con el recurso hídrico, estos ecosistemas son el refugio superior de animales y plantas, debido a que se consideran ecosistemas estratégicos (Paramos) que aportan un sin número de propiedades al ambiente, y que pueden constituir atractivos turísticos y de observación. (MinAmbiente *et al.*, 2002).

2.6 Sucesión Ecológica

El término Sucesión se remonta a 1860, en ciencias naturales, año en que fue propuesto por el naturalista Henry David Thoreau para describir los cambios que

experimentaba la vegetación boscosa a través del tiempo (McIntosh, 1999). Desde entonces, el estudio de esos cambios ha generado una incógnita que a su vez genera un tema importante de investigación, debido a que el hombre siempre logra perturbar ecosistemas a nivel mundial, y es allí donde las comunidades tanto animales como vegetales tratan de volver a su estado anterior o tratan de adaptarse a estas nuevas condiciones que dejó la perturbación (resiliencia); muchas veces estos impactos no son del todo negativos, también los hay positivos donde las nuevas condiciones permean para que haya colonización de nuevas especies u otras para que sencillamente germinen del banco de semillas, refiriéndonos a plantas específicamente. Es importante tener en cuenta las generaciones presentes y futuras, y a su vez la influencia antrópica, climática, topográfica y los cambios climáticos, anormales, acelerados en los últimos tiempos, para poder comprender del todo como se está comportando la sucesión ecológica.

El botánico Frederick Clements propuso la teoría “Holística” de la sucesión (Clements, 1916), y considero el alto grado de sucesión que presentaban en algunos casos (ej. patrones florísticos y estructurales). Esta teoría define la sucesión como el reemplazo secuencial de las especies después de una perturbación; la perturbación se entiende como una pérdida relativamente intrincada de la estructura o la biomasa (Prach *et al.*, 2011).

Camelo (2015) establece que los cambios ecológicos que sufre un ecosistema en proceso de sucesión, así como la velocidad con la que ocurren estos cambios, dependen de las características del disturbio (intensidad, frecuencia, persistencia), de

la disponibilidad de propágulos regenerativos (semillas, plántulas), del ambiente biótico (presencia de depredadores, granívoros, herbívoros, parásitos) y de las condiciones abióticas que subsisten en el sitio perturbado (Ramos y Martínez, 2007).

Se define que pueden presentarse dos tipos de sucesión:

- Sucesión primaria: si la sucesión ocurre sobre un sustrato desnudo, se trata de una *sucesión primaria*, como la que ocurre sobre las rocas, minas a cielo abierto o playas meándricas recién formadas, en donde no hay presencia de propágulos (semillas, plántulas, etc.).
- Sucesión secundaria: la *sucesión secundaria* toma lugar después de un disturbio y parte de un suelo establecido, gracias al potencial biótico (semillas, retoños, plántulas, e individuos adultos) que permanece en el sitio alterado. En la sucesión secundaria las especies pueden rebrotar de raíces o tallos que sobrevivieron a la perturbación o germinar a partir del banco de semillas; estas se relacionan con las semillas producidas antes de los eventos de perturbación, las cuales permanecen latentes en el suelo hasta las condiciones ambientales después de la perturbación (luz, fluctuaciones de temperatura, o el nitrato del suelo alto); esto conlleva a que se dispare la germinación (Chapin *et al.*, 2011; Fenner, 1985; Baskin *et al.*, 1998).

Aunque la sucesión no es vista fácilmente a nivel de la composición de especies, puede ser más asertiva a nivel de los grupos funcionales de las especies que se establecen en dichos ecosistemas, los cuales son utilizados como elementos para

incentivar la Restauración ecológica, y esta puede realizarse a nivel de composición (especies y sus abundancias), estructuras (arreglos florísticos), patrones (horizontales o verticales), heterogeneidad de especies o su función (Prach *et al.*, 2011; Hobbs, 2009) en (Camelo, 2015).

2.7 Ecología de comunidades

En Junca (2008) se menciona que la ecología de comunidades pretende explicar la abundancia y variedad de organismos en cualquier lugar y momento determinado. El término “comunidad”, en sí, hace referencia al hecho de que en la naturaleza los organismos no se encuentran separados y por el contrario interactúan unos con otros. Dichas interacciones conllevan a una estructura trófica y de flujo de energía en los diferentes niveles del sistema. Por tanto, una definición de “comunidad” es dada por Krebs (1985) que la define como: "Cualquier grupo o conjunto de poblaciones de organismos vivos en un área o hábitat dado".

Dentro de cualquier grupo de individuos de diferentes especies, que comparten un mismo hábitat, es de esperar que las interacciones inter e intraespecíficas conlleven a cambios en la estructura, composición y organización de la “comunidad” a la que pertenecen (Greig-Smith, 1986). Los aspectos relacionados entre las diferentes especies están determinados por factores extrínsecos e intrínsecos del ambiente en donde se desenvuelven como: clima, topografía, nutrientes, etc. que en conjunto determinarán el efecto de unas especies sobre otras, y la presencia y ausencia de algunas de ellas en particular (Terborgh y Robinson, 1986).

2.7.1 Composición, estructura y organización de las comunidades

Junca (2008) define que “la organización de las “comunidades” está determinada por la intensidad de las interacciones y el nivel en el que es mantenida la composición de la comunidad; ambos aspectos se presentan por la heterogeneidad espacial. El grado de oposición de patrones por parte de los organismos determina también la composición; por otro lado, el grado en que los nutrientes requeridos por los individuos entran al sistema y salen del mismo contribuye a la organización. Sin embargo, la importancia directa del ambiente y las interacciones son aún difíciles de entender en la determinación de la composición de plantas y animales (Greig-Smith, 1986).

La estructura de una comunidad se limita hacia tres categorías:

- El ambiente físico: incluye varios factores, como la estación climática, la precipitación, la luminosidad, los vientos, alturas máximas, textura del terreno, salinidad, profundidad, cantidad de nutrientes orgánicos e inorgánicos disponibles. Esto implica las adaptaciones de las especies.
- La dispersión: explica las diferentes regiones biogeográficas, las cuales pueden tener efectos negativos o positivos.
- Las interacciones entre especies, que pueden influenciar la estructura de una forma positiva o negativa. Simbiosis como la depredación y competencia pueden reducir la abundancia de algunas especies hasta permitir la posible entrada de otras (Greig-Smith, 1986).

Se ha establecido que los cambios dentro de una comunidad dependen de la escala; a una escala geográfica la introducción de una especie puede tener grandes efectos, debido a las nuevas interacciones y a la alteración de las funcionalidades que se van a originar. En los sistemas hídricos de Latinoamérica se ha venido observando este proceso con gran impacto; por ejemplo, la introducción de la Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá ha venido desplazando de su hábitat a especies nativas, como *Pygidium bogotense* (capitán enano), *Eremophilus mutisii* (capitán) y de escama como el género *Grundulus sp.* (guapucha); estas últimas poblaciones han ido en constante detrimento debido a múltiples factores, uno de ellos debido a la introducción de esa especie, no nativa, que en sus inicios pudo ser muy agresiva ocasionando competencia por nicho (Greig-Smith, 1986).

2.8 Restauración Ecológica

La Restauración Ecológica consiste en “asistir a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos”, haciendo especial énfasis en los atributos funcionales y estructurales del ecosistema (Guariguata, 2000). El objetivo de la restauración ecológica es la conservación y perduración del capital natural, así como la restitución de los servicios ecosistémicos para su disfrute y aprovechamiento por parte de la sociedad (SER, 2004). La restauración ecológica abarca diferentes niveles de organización, desde especies hasta paisajes (Lake, 2001; Ehrenfeld, 2000).

Como respuesta a la degradación de los ecosistemas, la restauración ecológica

propende recuperar los atributos funcionales y estructurales de los ecosistemas, mediante el conocimiento de los procesos naturales y el planteamiento de diferentes estrategias y actividades con la intención de redireccionar su trayectoria histórica. La restauración se considera necesaria, cuando los procesos de regeneración natural de los ecosistemas degradados son insuficientes o demasiado lentos para la recuperación de los mismos, es decir, cuando estos necesitan varios períodos de tiempo (Brown & Lugo, 1994).

En general, dependiendo del grado de intervención que se realice sobre el sistema, la restauración ecológica puede ser de dos tipos, restauración pasiva o restauración activa. En la pasiva la intervención consiste en retirar o eliminar los factores tensionantes o los disturbios que causan la degradación del sistema, de tal forma que éste se regenera por sí sólo y se presente colonización de manera natural; y en la activa además de la protección, se hace una intervención por medio del manejo de la sucesión secundaria, donde se establecen plantaciones, siembras directas de semillas o núcleos de establecimiento (SER, 2004).

Para que un ecosistema pueda tener éxito en su proceso de restauración se deben tener claramente planteados los objetivos de la restauración, en donde no solo inciden los elementos técnicos, sino elementos como la disponibilidad de recursos, los compromisos sociales de los actores locales vinculados al proceso de restauración, el tiempo de asistencia a los ecosistemas en proceso de restauración y la posibilidad en el mediano y largo plazo de cumplir los objetivos planteados (Norton y Hobbs, 2006; Holl and Aide, 2011; Orsi *et al.*, 2011).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Caracterizar y comparar los diferentes estados sucesionales del Bosque Altoandino en la Reserva Biológica Encenillo, bajo la perturbación de la Potrerización, para implementar planes de restauración ecológica.

3.2 Objetivos específicos

1. Describir y analizar la composición de las comunidades vegetales en diferentes estados sucesionales del Bosque Altoandino de la reserva.
2. Describir y analizar la estructura de las comunidades vegetales en diferentes estados sucesionales del Bosque Altoandino de la reserva.
3. Generar insumos y proponer estrategias para llevar a cabo planes próximos de restauración ecológica en la reserva.

4. METODOLOGIA AMPLIADA

4.1 Diseño del estudio

Lo más apropiado para conocer la composición y estructura de un área vegetal que ha estado impactada por algún tipo de perturbación es trabajar en una parcela permanente y realizar mediciones cada año durante períodos largos (Mostacedo *et al.*, 2000). Sin embargo, debido a las notables dificultades logísticas de este método, se recomienda realizar estudios de comparación en áreas aledañas (parcelas) que presenten diferentes momentos en su proceso de sucesión (Mostacedo *et al.*, 2000).

En el Bosque Altoandino de la Reserva Biológica de Encenillo se han reconocido formaciones vegetales en diferentes estados sucesionales. De tal forma, para el diseño de este estudio se escogieron 4 parcelas, de las cuales 3 representan cada una un estado sucesional diferente luego de perturbación por potrerización y 1 se tomó como parcela control. Los estados sucesionales corresponden a: (i) *Rastrojo* de aproximadamente 2 años, que se ubicaba en una pendiente poco pronunciada, donde la altura máxima de los arboles es de 4 a 5 metros, presentaba un dosel muy abierto y su altitud era de 3111 msnm (ii) *Bosque secundario joven* de 7 a 10 años, ubicado en un piedemonte, donde la altura máxima de los arboles es de 8 a 10 metros, presentaba un dosel parcialmente abierto y su altitud es de 3025 msnm y (iii) *Bosque secundario tardío* de 25-40 años, ubicado sobre una montaña con una pendiente muy

pronunciada, donde la altura máxima de los árboles es de 10 a 13 metros, presentaba un dosel cerrado con pocos claros y su altitud era de 3102 msnm . La parcela control, que es la del *Bosque primario*, se encuentra en un lugar donde no ha habido perturbación previa, por lo que las características vegetales del bosque no presentan impacto alguno.

4.2 Parámetros para la selección de las parcelas en la reserva

Para saber con exactitud el tiempo transcurrido luego del cese de la potrerización en cada una de las parcelas sucesionales, se empleó el método de “observación directa” para entender cómo están organizadas las comunidades vegetales actualmente. Este tipo de observación nos permite además identificar algunos patrones en el paisaje del área de estudio (ej. geomorfología, hidrología, suelos). Además de la observación directa se realizaron entrevistas simples a actores claves y a personas cercanas en la reserva, quienes a partir de su conocimiento local nos brindaron aproximaciones de las localidades de estudio. Por conocimiento local se entiende que son aquellos conocimientos individuales y del común de gran valor, que se han construido por medio de la interacción diaria con el territorio que tiene cada individuo por medio de las actividades cotidianas (Berker & Turner, 2005).

Se entrevistó a 3 personas, dos mujeres que viven cerca de la reserva y a uno de los encargados de ella; básicamente se preguntó qué actividades extractivas existieron en la reserva, cuanto habían durado las actividades y hace cuanto habían cesado dichas actividades.

Las respuestas de todos, respecto a las actividades extractivas, fueron principalmente acerca de la mina que realizaba extracción de piedra caliza; esta mina se encontraba en lo que es hoy en día la laguna de la reserva. Además, se tenían cultivos de papa y hortalizas, y también se empleaba la ganadería en las fincas; hoy en día todavía está en uso esta última actividad. Otra actividad que se realizaba en la reserva era la extracción de maderas de especies exóticas como eucalipto, además sacaban maderas de especies nativas como el Encenillo y el Cedro. El tiempo de la extracción de piedra caliza fue aproximadamente de 60 años y el cese de esta fue hace 20 años.

Las 3 personas afirman que luego del cese de estas actividades las condiciones en términos ambientales de la reserva se han visto mejoradas, el ruido que producía la mina era un impacto negativo al igual que el humo que expulsaba la explotación minera; el encargado de la reserva afirma que la calidad del aire se ha visto mejorada; se ha presenciado la llegada de más especies de animales, como de aves, y en una oportunidad el encargado observó un venado de cola blanca. Hace énfasis en la importancia de educar a la gente que los visita como turistas, frente a la importancia de cuidar y conocer el ecosistema de la reserva.

4.3 Fase de campo

Esta fase se realizó en el mes de marzo, del día 21 al 28 de 2016.

4.3.1 Parcelación

Las parcelas utilizadas fueron de tipo Whittaker de 0.1 ha (50x20 m). Este tamaño es

apropiado para el muestreo de vegetación arbórea (Stohlgren *et al.*, 1995), ya que permite obtener una saturación de riqueza de plantas leñosas e informa sobre la estructura horizontal y vertical. Además se ha observado que esta área es suficiente para generar un microclima interior (Mostacedo *et al.*, 2000), por lo que permitiría evaluar las condiciones ambientales de la misma. Dentro de cada parcela se demarcaron sub parcelas de 10x10 m. En estas se tomaron muestras de fustales, que son todas las plantas con un CAP (circunferencia a la altura del pecho) mayor o igual a 10 cm (Villareal *et al.*, 2004). Las muestras botánicas fueron cortadas con descarradora o tijeras podadoras de acuerdo a los protocolos estándares de colección. Una de las desventajas de este tamaño de sub parcela es que no provee información completa de la composición de especies ya que no incluye en su muestreo árboles jóvenes y plantas no leñosas (Villareal *et al.*, 2004). Por lo tanto, para los estratos vegetales inferiores se delimitaron sub parcelas de 4x4 m y 2x2 m para latizos bajos (CAP: 5-9.9 cm) y brinzales (altura máxima 30 cm, CAP: 2.5-4.99 cm), respectivamente. En estas sub parcelas menores también se tomaron muestras botánicas.

En campo además de coleccionar muestras de las plantas para su posterior identificación taxonómica (composición de la vegetación), se midieron los siguientes parámetros que fueron útiles para evaluar la estructura vegetal: CAP (cm, por medio de una cinta métrica), altura de las plantas y del dosel (m, por medio de una vara métrica), cobertura (se obtuvo por el cálculo directo en metros cuadrados del área que proyecta la sombra sobre el suelo de la copa de cada individuo de los estratos altos y por la

estimación visual o uso de escalas relativas en los bajos).

4.4 Análisis de datos

4.4.1 Composición florística

La identificación taxonómica se llevó a cabo en el Laboratorio de Ecología Evolutiva y Conservación de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales-Universidad Javeriana, por medio de claves taxonómicas, (A field guide to the families and genera of Woody Plants of Northwest South America por Alwyn H. Gentry), revisión de ejemplares de herbario de la reserva y consulta con botánicos expertos. A partir de esta identificación se determinó las familias, géneros y especies presentes en cada parcela, así como también sus abundancias.

4.4.2 Estructura de la vegetación

La **altura** es una medida útil para conocer la estratificación de la comunidad. En cada parcela se diferenciaron los siguientes estratos, según la altura: rasante (<0.3m); herbáceo a (0.3m-1.5m); arbustivo (1.5m a 5m); sub arbóreo (5-12m); arbóreo inferior (12-25m) (Rangel & Velásquez, 1997; Rangel & Lozano, 1986). De esta manera se obtuvo la **estratificación vertical** en cada parcela.

Con los datos del DAP, tomados en campo, se realizó la distribución de **clases diamétricas** para cada una de las parcelas, con el fin de facilitar la comparación entre ellas. Se establecieron intervalos de clase para cada parcela con el programa InfoStat, respectivamente. Adicionalmente, con los valores de DAP se calculó el **Área**

basal. Este parámetro se refiere a la suma de las áreas del tronco determinadas a la altura del pecho para cada taxón. Se expresa en unidades de superficie y refleja el volumen de madera de dicha superficie. Se calculó el área basal de la siguiente manera (Ramírez, 2006)

$$\text{Area basal (AB)} = \pi / 4 \times (\text{DAP})^2$$

El **área basal relativa** es el porcentaje de área basal de una especie respecto al total de la muestra, o sea depende obligatoriamente de los registros de otras especies (Ramírez, 2006). Este parámetro se calculó como se muestra a continuación:

$$\text{Area basal relativa (\%)} = \text{AB de la sp} / \text{AB total} \times 100$$

El área basal es fundamental para entender y evaluar la **dominancia**. Este parámetro se refiere a las especies que presentan las mayores abundancias o densidades dentro de una comunidad. Se calcularon la **dominancia absoluta** y **dominancia relativa** como se muestra a continuación (Ramírez, 2006).

Dominancia absoluta = Área basal de una especie o una familia en un muestreo

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Área basal de una especie en el muestreo}}{\text{Área basal total}} \times 100$$

La **densidad** es el número de individuos por unidad de muestreo. La **densidad relativa** corresponde entonces al porcentaje de individuos de una especie respecto al

total de la muestra y depende del registro de otras especies (Rangel & Velázquez, 1997). Este parámetro se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa \%} = \# \text{ de individuos de la sp} / \# \text{ total de individuos} \times 100$$

La cobertura de una especie es la suma de las coberturas de sus individuos, mientras la cobertura de un estrato es la suma de las especies que allí se reparten (Rangel & Velázquez, 1997). Los datos de cobertura individual tomadas en campo fueron utilizados para obtener la cobertura de la especie. Para hacerlo, se sumaron las proyecciones de cada individuo para dar la proyección total de la especie y se relacionó con el área total muestreada. Esto se hizo considerando que cada estrato obtiene un valor máximo del 100%. La cobertura se midió con un Spherical Densimeter model A de Robert E. Lemmon.

Adicionalmente se calculó la **cobertura relativa**, solamente para el estrato Fustal ya que es este el que cubre mayor área de las parcelas; su cálculo fue así:

$$\text{Cobertura Relativa (\%)} = \text{Cobert. de la sp} / \text{Cobert. total de las especies del estrato} \times 100$$

La **estructura horizontal** de la vegetación de cada parcela se obtuvo por medio de las variables de área basal (incluyendo clases diamétricas y dominancia), densidad y cobertura.

Los valores de estas variables fueron usados en el cálculo de índices estructurales, los cuales complementaron el análisis de estructura vegetal. Estos índices se explican a continuación:

4.4.3 Índices estructurales y de diversidad

Se usaron los siguientes índices de diversidad y estructura en todos los muestreos: El índice de Simpson, Shannon, Margalef, Jaccard, un análisis de Escalamiento Multidimensional no-métrico (NMDS), (estos obtenidos a través del programa estadístico Past), Índice de Valor de Importancia Simplificado (IVIs) y el Índice de Predominio Fisionómico (IPF).

4.4.3.1 Diversidad Alfa

La diversidad alfa ha sido definida como la diversidad al interior de las comunidades o dentro de una comunidad.

Para analizar la diversidad alfa de todos los muestreos se emplearon los índices de equidad (Shannon), dominancia (Simpson) y la riqueza de especies (Margalef), esto para poder inferir que tan diversa puede ser un área objeto de estudio según estos tres elementos (Magurran, 2004).

Índice de Shannon-Wiener H'

H' = índice de Shannon-Wiener que en contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de especies S . Por lo tanto, $H' = 0$ cuando la muestra contenga solo una especie, y, H' será máxima cuando todas las especies S estén. Este índice nos muestra la equitatividad de las especies.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

S – número de especies (la riqueza de especies)

p_i – proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i / N

n_i – número de individuos de la especie i

N – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la riqueza de las especies presentes y la abundancia de los individuos de cada una de esas especies.

Índice de Simpson D

El índice de Simpson se deriva de la teoría de probabilidades, y mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos ‘extracciones’ sucesivas al azar sin reposición. Esto nos muestra su dominancia en el muestreo.

Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes, subestimando las especies raras, tomando valores entre ‘0’ (Baja diversidad) hasta un máximo de $[1 - 1/S]$.

Su fórmula es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Índice de Margalef (mg)

Es una medida utilizada en ecología para medir la diversidad a través de los valores encontrados para la riqueza de especies con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

El índice se halla con la siguiente expresión:

$$I = (S - 1) / \ln N$$

Donde S es el número de especies presentes, N número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies) y la expresión (ln) detona el logaritmo natural de N.

4.4.3.2 Diversidad Beta

La diversidad beta mide la variación composicional entre las especies de dos puntos, dos tipos de comunidades o dos paisajes (Moreno *et al.*, 2004). Dentro de este estudio se decidió utilizar métodos de similitud – disimilitud de tipo cualitativo, específicamente a partir de presencia/ ausencia de especies entre cada una de las zonas muestreadas.

Los métodos utilizados fueron el índice de similitud de Jaccard, el cual relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas, con un rango que va de cero cuando no hay especies compartidas hasta uno cuando dos sitios comparten las mismas especies (Villareal *et al.*, 2004).

Adicionalmente se realizó un Análisis de Escalamiento Multidimensional no-métrico (NMDS) el cual se conoce como un conjunto de técnicas que su principal objetivo es la representación de datos a través de la construcción de una configuración de puntos cuando se conoce una determinada información sobre proximidades entre objetos de la muestra (Linares, 2001). Este procedimiento busca las posiciones de n en un espacio de m dimensiones que se asemejen a las posiciones de los objetos según sus distancias originales; por lo cual es eficaz en la identificación de gradientes subyacentes y en representación de las relaciones basadas de varios tipos de distancia (Ramette, 2007).

Índice de Valor de Importancia Simplificado (IVIs) (Ramírez, 2006)

Muestra la importancia ecológica relativa de cada especie en el área muestreada. Interpreta a las especies que están mejor adaptadas, ya sea porque son dominantes, muy abundantes o están mejor distribuidas. La frecuencia se ve afectada por el tamaño y la forma de las parcelas; por lo anterior, en este estudio se escogió emplear el IVI simplificado, que no tiene en cuenta la variable frecuencia, al igual que el de

predominio fisionómico. La escala del IVIs es de 0 a 200 y se calcula de la siguiente manera:

IVIs: Densidad relativa i + Area basal relativa i

Índice de Predomino Fisionómico (IPF) (Rangel & Velásquez, 1997)

Se calcula en cada levantamiento para los estratos arbóreo y de arbustos. Permite diferenciar las especies dominantes según un índice que reúne los valores de área basal, cobertura y densidad con al siguiente formulación. La escala del IPF es de 0 a 300.

IPF = Área basal relativa (%) + Cobertura relativa (%) + Densidad relativa (%)

5. BIBLIOGRAFIA

Acosta, V. (2014). Revisión sobre los impactos generados por la competencia entre plantas nativas e introducidas como base para el control de *Ulex europaeus* en la ciudad de Bogotá D.C. Revista de Tecnología; Journal of Technology. Volumen 13., pág. 108-113.

Acuña, A.C. (2010). Identificación de áreas prioritarias de conservación enfocadas hacia la conectividad estructural del corredor Encenillo, municipios de La Calera, Guasca, Sopó, Sesquilé, Guatavita, en Cundinamarca. FEAR. Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia.

Aide, T. M. & J. Cavelier. (1994). Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* 2: 219- 229.

Aide, T. M., J. K. Zimmerman, L. Herrera & M. Rosario. (1995). Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forest. Ecol. Manag.* 77: 77-86.

Ávila, L. A., Vargas, O. (2009). Formación de núcleos de restauración de *Lupinus bogotensis* dentro de claros en plantaciones de *Pinus patula* y *Cupresus lusitanica*. (1991). Regeneration of tropical forest. En: Evaluacion Ecologica y silvopastoril de ecosistemas boscosos Paris. The parthenon publishing group. (págs. 91-119).

Balzarini M. G., González L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J. A., Robledo C. W. (2008). *Manual del Usuario InfoStat*, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. Bazza F. A.

Begon, M., Harper, J. L., y Townsend, C. R. (1996). *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Omega, S.A., Barcelona-España.

Beltrán H., Barrera J. (2014). Caracterización de invasiones de *Ulex europaeus* L. de diferentes edades como herramienta para la restauración ecológica de bosques Altoandinos. *Biota Colombiana*, Suplemento 2. Bogotá-Colombia.

Berkes, F., & Turner, N. (2005). Conocimiento, aprendizaje, flexibilidad y aprendizaje de sistemas socioecológicos.

Brown, S. & A. Lugo. (1994). Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*, 2: 97-111.

Brown, S. & A. E. Lugo. (1990). Tropical secondary forest. *J. Trop. Ecol.* 6: 1-32.

Cáceres R., Ghesquiere N. (2009). Distribución, abundancia y ecología de *Digitalis purpurea* en el parque provincial potrero de Yala. Fundación proyungas, Parque provincial potrero de Yala. Jujuy- Argentina.

Camelo, D. (2015). Evaluación del estado sucesional actual de las áreas restauradas y con invasión previa de *Ulex europaeus* L. en los Cerros orientales de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia.

Castaña-Uribe, C. (1991). Oasis de niebla. pág. 53-68 en: C. Uribe (ed.), Bosques de niebla de Colombia. Banco de Occidente, Cali-Colombia.

Cavelier, J. (1991). El ciclo del agua en bosques montanos. pág. 69-83 en: C. Uribe (ed.), Bosques de niebla de Colombia. Banco de Occidente, Cali-Colombia.

Cavelier, J., D. Lizcaino & M. T. Pulido. (2001). Colombia. pág. 443-496 en: M. Kappelle & A. D. Brown (eds.), Bosques nublados del neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia.

Clements, F. E. (1916). Plant Succession. An analysis of the development of vegetation. Publication n. 242. Carnegie Institution, Washington, D. C., USA.

Cortes-S S. P., T. Van der Hammen & J. O. Rangel-Ch. (1999). Comunidades vegetales y patrones de degradación y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía-Cundinamarca-Colombia. Rev. Académica Colombiana de Ciencias 23(89): 529-554. ISSN 0370-3908.

Cortes, S. (2008). La Vegetación boscosa y arbustiva de la cuenca alta del río Bogotá. Studies on Tropical Andean Ecosystems T. v. d. Hammen. Berlin, J.Cramer. 7.

Cowles, H. C. (1901). The Physiographic colony of Chicago and vicinity. Botanical Gazette 31:73-108.

Dalling, J. (2001). Ecología de semillas. En: Guariguata, M. & G. Kattan (Eds.) Ecología y conservación de bosques neo tropicales. M. Ediciones LUR. Costa Rica

Dávila, E., Duque, A., Rodríguez, W., & Lema, A. (2013). Impacto de la fragmentación en la diversidad de plantas vasculares en bosques andinos del nororiente de Colombia. *Colombia Forestal*, 16 (2), 115-137.

Díaz, D. (2015). Perturbaciones antrópicas, diversidad de visitantes florales y producción de frutos de *Weinmannia tomentosa*, Reserva Encenillo. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia. pág. 49.

Ehrenfeld, J. G. (2000). Defining the limits of restoration: The need for realistic goals. *Restoration Ecology*, 8(1): 2-9.

Ewel, J. (1980). Tropical succession: manifold routes to maturity. *Biotrópica* 12: 2-7.

Fernández, J. E., Hernández, M. (2007). "Catálogo de la flora vascular de la Cuenca Alta del Río Subachoque (Cundinamarca, Colombia)." *Caldasia* 29(1): 73- 104.

Ferreira, L. V. & G. T. Prance. (1999). Ecosystem recovery in terra firme forest after cutting and burning: a comparison on species richness, floristic composition and forest structure in the Jaú National Park, Amazonia. *Bot. J. Linn. Soc.* 130: 97-110.

Gentry, A. (1991a). Vegetación del bosque de niebla. Págs. 23-52 en: C. Uribe (ed.), *Bosques de niebla de Colombia*. Banco de Occidente, Cali.

Gentry, A. (1991b). El bosque nublado de Colombia. Págs. 14-20 en: C. Uribe (ed.), *Bosques de niebla de Colombia*. Banco de Occidente, Cali.

Gibson, L., Lynam, A. J., Bradshaw, C. J. A., He, F., Bickford, D. P., Woodruff, D. S., Bumrungsri, S., & Laurance, W. F. (2013). Near-complete extinction of native small mammal fauna 25 years after forest fragmentation. *Science*, 341(6153), 1508-1510. doc:10.1126/ science.1240495.

Greigh - Smith, P. 1986. Chaos or orderorganization pp. 19-29. En: Kikkawa, J. y D. Anderson (eds). *Community Ecology: pattern and process*. Blackwell Scientific Publications.

Guariguata, M. R. (2000). Bases Ecológicas Generales para el Seguimiento de Proyectos de Restauración de Bosques. pp. 83–95. En: E. Ponce de León (Eds.), *Memorias del Seminario de Restauración Ecológica y Reforestación*. Fundación Alejandro Ángel Escobar–Fescol–GTZ. Bogotá, Colombia.

Guariguata, M. R. & R. Ostertag. (2001). Neotropical secondary forest successions: changes in structural and functional characteristics. *Forest. Ecol. Manag.*148:185-206.

Holl, K. D. (2002). Long-term vegetation recovery on reclaimed coal surface mines in the eastern USA. *Journal of Applied Ecology* 39: 960-970.

Huston, M. A. (1994). *Biological Diversity*. Cambridge University press, UK.

IGAC. (2000). Estudio general de suelos y zonificación de tierras de Cundinamarca. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá D.C. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, MinAmbiente. (2015). Transición bosque-páramo. Bogotá, Colombia.

Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, MinAmbiente. (2015). Transición bosque-páramo. Bogotá, Colombia.

Junca, V. (2008). Acercamiento a la ecología de comunidades. Archivo Documental. División de Conservación Ecológica (2008). 1-19. Fundación Neotrópico Vivo. Bogotá, Colombia.

Klejin D. (2003). Can establishment characteristic explain the poor colonization success of late successional grassland species on execrable land? *Restor Ecol.*; 11(2):131-138.

Lake, P.S. (2001). On the maturing of restoration: linking ecological research and restoration. *Ecological Management and Restoration*, 2(2): 110-115.

Laurance, W. F., *et al.* (2011). The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 144, 56-67.

León, O. (2007). Experimentos de restauración ecológica en plantaciones de *Pinus patula*. Restauración ecológica del bosque altoandino, estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá, D.C.). O. y. G. d. r. e. Vargas. Bogotá, D.C., Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico y Secretaría Distrital de Ambiente.

Linares, G. (2001). Escalamiento Multidimensional: Conceptos y Enfoques. Departamento de matemática aplicada, Facultad de matemática y computación, Universidad de la Habana. Cuba.

Martínez, X. Rincón, D. Galvis, P. Monje, C. (2005). Valoración biofísica y planificación predial para la conformación de la Reserva Encenillo Fundación Natura.

Mcintosh, R. P. (1999). The succession of succession: a lexical chronology. Bulletin of the ecological Society of America 80: 256-265.

Mcintosh, R. P. (1999). The succession of succession: a lexical chronology. Bulletin of the ecological Society of America 80: 256-265.

Meli P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales: veinte años de investigación académica. Interciencia.; 28(10):581-589.

Ministerio del Medio Ambiente, IDEAM, PNUD. (2002). Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición de HotSpot & Global Climatic Tensor. Impresión IDEAM, Bogotá-Colombia.

Montenegro A. L., Vargas O. (2008). Caracterización de bordes de bosque altoandino e implicaciones para la restauración ecológica en la Reserva Forestal de Cogua (Colombia). Universidad Nacional. Bogotá-Colombia.

Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz-Bolivia.

Muñoz, J. L. (2011). Asteráceas. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. México. Disponible en

<http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap4/18%20Asteraceas.pdf>

Nepstad, D. C., C. Uhl, C. A. Pereira & J. M. Cardoso Da Silva. (1996). A comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of eastern Amazonia. *Oikos*, Vol. 76 No. 1: 25-39.

Ramette, A. 2007. Multivariate analyses in microbial ecology. *FEMS microbiology ecology* 62:142–60.

Ramírez, N. (2009). Evaluación de las comunidades líquénicas en dos bosques con diferente historia de uso, de la Reserva Biológica “Encenillo”, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia.

Ramírez-GA. (2006). Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Editorial, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia.

Ramos, C. (2001). Estrategias regenerativas de *Clusia multi!ora*, *Drimys granadensis* y *Weinmannia tomentosa* L.f. en el bosque altoandino [Trabajo de grado]. Bogotá: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

Rangel, CH., & G. Lozano C. (1986). Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el volcán Puracé. *Caldasia* 14 (68-70): 53-547.

Rangel-Ch, J. O & A. Velázquez. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En J.O Rangel- Ch. Colombia Diversidad Biótica II. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia- IDEAM. Bogotá.

Romero, M., Cabrera, E., Ortiz, N. (2008). Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Bogotá D.C. Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.

Saldarriaga, J. G. (1991). Estudios en la Amazonía colombiana V: Recuperación de la Selva de "Tierra Firme" en el alto río Negro Amazonía colombiana-venezolana. TROPENBOS Colombia, Bogotá-Colombia.

Shmida, A., & Wilson, M. W. (1985). Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography*, 12, 1-20.

Society for Ecological Restoration Science & Policy Working Group. (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. <http://www.ser.org> & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Stohlgren, T., Falkner, M., Schell, L. (1995) A modified-Whittaker nested vegetation sampling method. *Vegetation*, 117, 113-121.

Terborgh, J. y S. Robinson. 1986. Guilds and their utility in ecology. Cap 5, pp. 65 - 90. En: J. Kikkawa y D. Anderson (eds). *Community ecology: patterns and process*. Blackwell, Sce. Publ. London.

Tobón, C. (2009). Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito Ecuador, mayo 2009.

Uhl, C., R. Buschbacher & E.A.S. Serrano. (1988). Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plan succession. *J. Ecol.* 76: 663-681.

Van Der Hammen, T., H.J.L. Witte & G.B.A. Van Reenen. (1995). Aspectos ecoclimatológicos del área del transecto Parque Los Nevados. pág. 329-364 en: T. van der Hammen & A.G. Dos Santos (eds.), la cordillera Central colombiana, transecto Parque de los Nevados (tercera parte). *Estudios de Ecosistemas Tropandinos vol 4.* J. Cramer, Berlín.

Van Der Hammen, T. & J.O. Rangel-CH. (1997). El estudio de la vegetación en Colombia. Págs. 17-57 en: J.O. RangelCh., P.D. Lowy-C. & M. Aguilar-P. (eds.)

Van der Hammen, T. (1998). Plan ambiental de la cuenca alta del Río Bogotá: Análisis y orientaciones para el ordenamiento Territorial. Bogotá, D.C., Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR

Vega E., Peters E. (2007). Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. Instituto nacional de ecología. Periférico sur. Insurgentes Cuicuilco. Ciudad de México-México.

Villareal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fragua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina Y. A.M. Umaña. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios para la biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia. 236 p.

ANEXOS

Tabla 1. Familias, géneros y especies de todas las parcelas

Parcela	Familia	Especie	% Individuos	Area basal	Domina ncia	Cobert ura	
Bosque Primario	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	5	0.026	0.878	2.4	
	Asteraceae	<i>Ageratina sp</i>	3	0.005	0.157	0.25	
		<i>Ageratina asclepiadea</i>	5	0.005	0.170	0.53	
		<i>Ageratina vacciniifolia</i>	3	0.000	0.004		
		<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>	2	0.004	0.120	0.26	
		<i>Diplostephium sp 1</i>	1	0.000	0.002		
		<i>Diplostephium sp 2</i>	18	0.073	2.448	2.71	
		<i>Diplostephium sp 3</i>	4	0.004	0.152	0.23	
		<i>Diplostephium spinulosum</i>	3	0.012	0.418	0.77	
		<i>Pentacalia pulchella</i>	4	0.006	0.188	0.29	
		Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>	71	2.476	83.546	56.73
		Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>	2	0.007	0.245	0.34
		Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i>	9	0.009	0.305	0.26
			<i>Cavendishia bracteata</i>	8	0.009	0.305	0.93
			<i>Gaultheria sp</i>	2	0.000	0.006	
			<i>Macleania rupestris</i>	1	0.000	0.007	
	Escalloniaceae	<i>Escallonia myrtilloides</i>	5	0.012	0.396	0.37	
		<i>Escallonia paniculata</i>	1	0.011	0.367	0.37	
	Fagaceae	<i>Quercus humboldtii</i>	1	0.006	0.211	0.51	
	Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i>	11	0.064	2.154	3.81	
	Melastomataceae	<i>Miconia latifolia</i>	1	0.000	0.003		
		<i>Miconia ligustrina</i>	21	0.071	2.397	5.44	
		<i>Miconia sp</i>	4	0.016	0.526	1.27	
		<i>Miconia squamulosa</i>	2	0.000	0.006		

	Myricaceae	<i>Morella pubescens</i>	1	0.006	0.194	0.33
	Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	20	0.036	1.205	1.12
		<i>Myrsine guianensis</i>	2	0.000	0.015	
	Myrtaceae	<i>Myrcia sp</i>	9	0.016	0.546	
	Orchidaceae	<i>Elleanthus maculatus</i>	2	0.000	0.005	
	Rosaceae	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	9	0.036	1.209	1.43
	Rubiaceae	<i>Rubiaceae sp</i>	10	0.002	0.073	
	Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	1	0.018	0.619	0.23
	Solanaceae	<i>Solanaceae sp</i>	1	0.000	0.004	
	Verbenaceae	<i>Lantana sp</i>	1	0.000	0.004	
	Winteraceae	<i>Drymis granadensis</i>	16	0.033	1.106	1.58
Bosque Secundario Tardío	Acanthaceae	<i>Acanthaceae sp</i>	1	0.000	0.001	
		<i>Acanthaceae sp1</i>	1	0.000	0.001	0
	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	12	0.030	0.932	0.87
	Araliaceae	<i>Oreopanax bogotensis</i>	1	0.000	0.014	
	Asteraceae	<i>Ageratina asclepiadea</i>	18	0.090	2.841	5.03
		<i>Ageratina sp</i>	1	0.000	0.002	
		<i>Asteraceae sp1</i>	3	0.000	0.007	
		<i>Baccharis sp</i>	3	0.000	0.004	
		<i>Munnozia senecionidis</i>	1	0.001	0.016	
	Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>	79	2.716	85.570	70.31
	Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i>	1	0.039	1.228	0.66
		<i>Cavendishia bracteata</i>	1	0.054	1.686	0.44
	Melastomataceae	<i>Melastomataceae sp</i>	1	0.000	0.007	
		<i>Miconia latifolia</i>	13	0.076	2.383	2.16
		<i>Miconia ligustrina</i>	3	0.007	0.233	0.46
		<i>Miconia sp</i>	2	0.000	0.004	
	Myrsinaceae	<i>Myrsine guianensis</i>	12	0.002	0.053	
	Myrtaceae	<i>Myrtaceae sp</i>	18	0.033	1.029	1.19
	Orchidaceae	<i>Elleanthus maculatus</i>	1	0.000	0.004	
	Pipareceae	<i>Piper sp</i>	1	0.000	0.001	
	Rosaceae	<i>Rubus glaucus</i>	1	0.000	0.003	

	Rubiaceae	<i>Palicourea evaginata</i>	1	0.001	0.019	
		<i>Rubiaceae sp</i>	41	0.040	1.253	0.85
	Solanaceae	<i>Solanaceae sp</i>	3	0.000	0.008	
	Winteraceae	<i>Drymis granadensis</i>	15	0.085	2.686	4.25
Bosque Secundario Joven	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	8	0.003	0.161	
	Asteraceae	<i>Asteraceae sp1</i>	4	0.000	0.023	
		<i>Asteraceae sp2</i>	4	0.001	0.050	
		<i>Smallanthus pyramidalis</i>	64	0.852	44.039	40.55
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	46	1.074	55.497	33.74
	Lauraceae	<i>Aniba sp</i>	1	0.000	0.003	
	Melastomataceae	<i>Miconia lustrosa</i>	1	0.000	0.023	
	Meliaceae	<i>Cedrela montana</i>	3	0.001	0.044	
	Myrtaceae	<i>Myrcianthes sp</i>	6	0.001	0.046	
	Polygalaceae	<i>Monnina floribunda</i>	1	0.000	0.008	
	Rosaceae	<i>Rubus glaucus</i>	4	0.001	0.032	
	Salicaceae	<i>Xilosma spiculifera</i>	2	0.000	0.005	
	Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	5	0.000	0.016	
	Scrophulariaceae	<i>Digitalis purpurea</i>	14	0.001	0.053	
Rastrojo	Acanthaceae	<i>Achantaceae sp1</i>	1	0.000	0.174	
	Araliaceae	<i>Oreopanax bogotense</i>	2	0.002	1.654	0.89
	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	1	0.000	0.047	
		<i>Mikania sp</i>	3	0.000	0.179	
	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	25	0.109	85.371	30.02
	Fabaceae	<i>Ulex europaeus</i>	8	0.013	10.392	4.66
	Melastomataceae	<i>Bucquetia sp</i>	4	0.000	0.226	
	Rosaceae	<i>Rubus glaucus</i>	13	0.002	1.521	
	Scrophulariaceae	<i>Digitalis purpurea</i>	9	0.001	0.437	

Anexo 2: Lineamientos de la Revista de la Académica Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales

El manuscrito, incluyendo además de la página del título, el resúmenes, las referencias, las tablas y sus títulos, las leyendas de figuras, deben estar escritos en procesador de palabras Word a doble espacio, usando la fuente Arial de tamaño 12, justificado. No olvide usar la numeración en todo el manuscrito.

Los manuscritos deben incluir la siguiente información:

1. Una página en Word con los nombres y apellidos (nombre completo y apellido, si desea poner el segundo apellido, debe ir separado por un guion) de todos los autores (sin cargos, ni grado académico), filiaciones y correos electrónicos.
2. Título completo del manuscrito en español e inglés.
3. Título cortó
4. Resumen en español e inglés que no supere 250 palabras.
5. Palabras clave en español y en inglés que no superen en número a seis.
6. Nombre del autor responsable de la correspondencia con su dirección completa, número telefónico y dirección electrónica.
7. Direcciones electrónicas de todos los coautores.
8. Texto, referencias y tablas en un mismo archivo junto con las leyendas de las figuras.
9. Figuras en formato jpg o tiff.

Estructura del manuscrito

Introducción: se debe mostrar el marco teórico en el cual se inscribe el tema de la investigación, propósito del artículo y justificación del estudio, indicando además la delimitación de la pregunta problema.

Materiales y métodos: se describirán los sujetos de observación o experimentación, aparatos o dispositivos y la metodología empleada en el estudio.

Análisis estadístico: señalar los métodos estadísticos utilizados y cómo se han analizado los datos.

Resultados: deben presentarse en secuencia lógica, con las tablas y figuras acompañadas de una explicación y análisis de las mismas.

Discusión: debe hacerse énfasis en los aspectos nuevos e importantes del estudio, contrastando los resultados con la información pertinente disponible en la literatura actualizada y relacionar las conclusiones con los objetivos propuestos. Se deben incluir las implicaciones y limitaciones de los hallazgos y comparar las observaciones relevantes con las de otros estudios.

Los resultados y la discusión pueden presentarse también en forma combinada.

Conclusiones: Resumen de la investigación y su estado actual. Aquí se pueden plantear objetivos futuros a seguir en la línea de investigación. En cuyo caso la sección se denominará Resultados y Discusión.

Citación: todas las referencias bibliográficas se insertarán en el texto y deberán llevar siempre el apellido del autor o autores y el año de publicación entre paréntesis. Si el apellido del autor o autores forma parte de la estructura formal de la frase, sólo se pondrá entre paréntesis la fecha; por ejemplo: Pérez y Ribas

(1996). Si no forma parte de la estructura formal del texto; por ejemplo: como indica Barbudo (2003). Si son tres, cuatro o cinco autores se pondrán los apellidos de todos los autores la primera vez que se referencian en el texto, y después sólo se pondrá el apellido del primer autor seguido de et al. Si son seis o más autores sólo se pondrá el apellido del primero añadiendo “et al.”, desde la primera vez que se referencian. Si existieran varias referencias de un autor en un mismo año se consignarán con las letras a, b, c, etc., después del año.

Cita directa o textual

Si la cita textual tiene menos de 40 palabras se presenta entre comillas dentro del texto y al final se incluye entre paréntesis el apellido, año de publicación y la página de donde se extrajo.

Ejemplo:

El objetivo de los estudios explicativos es “responder a las causas de los eventos físicos o sociales” (Hernández, Fernández y Baptista, 1991, p.66).

Si la cita comprende más de 40 o más palabras se ubican en un bloque independiente del texto, sin comillas y dejando una sangría al lado izquierdo.

Ejemplo:

Las revistas científicas son sistemas contextuales de comunicación, de difusión académico investigativa y fortalecimiento de competencias científicas (escritura, investigación, evaluación, edición), en los cuales la comunidad académica comparte creencias, orientaciones y el compromiso de contribuir, utilizar y hacer avanzar el conocimiento de forma colaborativa y cooperativa. (Mesa & Sánchez, 2010, p.4).

Parafraseo o resumen

Se debe mencionar al autor y la fecha.

Ejemplo:

Según Sánchez (1991), el cemento es uno de los materiales más populares e indispensables en la construcción actual.

Existen dos tipos de aprendizaje: la recepción pasiva de conocimientos y el redescubrimiento de la realidad (Piaget, 1980)

Si cita un documento escrito entre tres y cinco autores, debe escribir los apellidos de todos la primera vez que los cite y después incluir el apellido del primer autor seguido de “et al.” (sin cursiva y con punto después del “al.”).

Si cita un documento escrito por seis o más autores, presente la primera cita con el apellido del primer autor seguido de “et al.”. En la lista de referencias escriba las iniciales y apellidos de los primeros seis autores y para los restantes utilice “et al.”

Lista de referencia

Es el listado alfabético (según el primer apellido de los autores citados) de las fuentes consultadas y citadas durante la redacción de un trabajo. La lista de referencias es obligatoria. Se debe organizar de la siguiente manera:

Ejemplo:

Parodi Sweis, G. (2007). Géneros académicos y géneros profesionales: accesos discursivos para hacer y saber. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Referencia de publicación periódica

Autor, A.A., & Autor, B.B. (año). Título del artículo. Título de la revista o publicación seriada (en cursiva), volumen en cursiva (número entre paréntesis), páginas del artículo.

Artículo de revista impresa:

Sánchez Upegui, A. A. (Agosto, 2009). Nuevos modos de interacción educativa: análisis lingüístico de un foro virtual. *Revista Educación y Educadores*, 2(2), 29 - 46.

Artículo de revista electrónica:

Sánchez Upegui, A. A. (Agosto, 2009). Nuevos modos de interacción educativa: análisis lingüístico de un foro virtual. *Revista Educación y Educadores*, 2(2), 29 - 46. Recuperado de <http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co>

Artículo de periódico impreso:

Autor, A.A., & Autor, B.B. (día, mes y año de la publicación). Título del artículo. Título del periódico (en cursiva), páginas.

Ejemplo:

Duque, J. G. (7 de junio de 2012). Antioquia reasume competencia para decidir futuro del túnel. *El Colombiano*, pp. 10.

Artículo de periódico en línea:

Autor, A.A. (día, mes y año de la publicación). Título del artículo. Título del periódico (en cursiva). URL.

Ejemplo:

Gallo, G. (7 de junio de 2012). En las tiendas del país habrá datafonos. *El Colombiano*. Recuperado de <http://www.elcolombiano.com>

Referencia de libros

Autor, A.A., & Autor, B.B. (Año de la publicación). *Título del libro en cursiva*. (xx ed.). Lugar: editorial

Ejemplo:

Libro impreso: Sánchez Upegui, A. A., Puerta Gil, C. A. & Sánchez Ceballos, L. M. (2010). *Manual de comunicación en ambientes educativos virtuales*. Medellín: Fundación Universitaria Católica del Norte.

Capítulo de libro:

Sánchez Ceballos, L. M. (2010). Usos educativos del chat. En A. A. Sánchez Upegui (ed.). *Manual de comunicación en ambientes educativos virtuales*. (pp.80-110). Medellín: Fundación Universitaria Católica del Norte

Tesis

Autor, A.A., (Año de la tesis). *Título de la tesis en cursiva* (Tesis doctoral o de maestría). Nombre de la institución. Lugar.

Ejemplo:

Sánchez Upegui, A. A. (2009). *Aplicación de la lingüística textual en evaluación de artículos académicos* (Tesis de maestría). Universidad de Antioquia. Medellín.

Congresos y simposios

Autor, A.A., & Autor, B.B. (mes, año). *Título de la ponencia, trabajo, presentación, etc. en cursiva*. En *Título del Congreso o Simposio*. Nombre de la Organización, Lugar.

Trabajos inéditos o publicaciones informales

Autor, A.A., & Autor, B.B. (año). Título del manuscrito en cursiva. Manuscrito inédito o manuscrito presentado para publicación o Manuscrito en preparación.

Si el trabajo está disponible en un sitio web institucional o personal agregue el nombre de la institución y URL

Materiales legales

En cuanto a las citas en el texto se proporcionan los mismos datos de cualquier referencia (autor, año y en lo posible número de página), si no hay un autor identificado, se anotan las primeras palabras del título y la fecha)

Ejemplo:

Colombia. Ministerio de Educación Nacional. Ley 23 de 1982 sobre derechos de autor.

Tablas y figuras

Las tablas y cuadros se denominan tablas y llevan numeración arábica de acuerdo con el orden de aparición. El título correspondiente se coloca en la parte superior de la tabla y las notas en la inferior. Los símbolos para unidades deben aparecer en el encabezamiento de las columnas. Si es necesario exponer alguna información, utilice las letras minúsculas del alfabeto según orden de aparición en la respectiva tabla: a, b, c, d, e, etc.

Las fotografías, gráficos, dibujos y esquemas se denominan figuras, se enumeran según el orden de aparición y sus leyendas se escriben en hoja separada. Si se trata de micro fotografías debe indicarse el aumento utilizado.

Las personas, o sus nombres, no deben ser identificables en las fotografías o se requiere permiso escrito para su publicación.

Cuando las tablas y figuras hayan sido tomadas de revistas o libros, sean impresos o electrónicos, se debe especificar la fuente y adjuntar autorización de la respectiva publicación para su reproducción.

Agradecimientos

Podrán ser expresados a personas o entidades que hayan ayudado a la realización del trabajo. Se mencionarán las personas y el tipo de ayuda aportada, así como las entidades, instituciones o fundaciones que hayan financiado o suministrado materiales. En caso de proyectos de investigación financiados será suficiente con mencionar el código de registro y la entidad, institución o fundación que lo apoya económicamente