



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TÍTULO:

**BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN DOS ECOSISTEMAS DEL
PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y
RECREACIÓN “FRANCISCO VIVAR CASTRO”**

**TESIS DE GRADO PREVIA A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA FORESTAL**

AUTORA:

GUISELLA YAZMÍN CARRERA BRAVO

DIRECTORA:

ING. FOR. JOHANA CRISTINA MUÑOZ MG. SC.

LOJA-ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

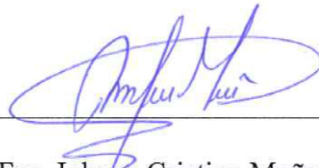
Ing. For. Johana Cristina Muñoz Ch., Mg. Sc.

CERTIFICA:

En calidad de directora de la tesis titulada: “**BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN DOS ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN “FRANCISCO VIVAR CASTRO”**” de autoría de la señorita egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal **Guisella Yazmín Carrera Bravo**, con número de cédula 1150041786, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, 24 de octubre del 2018.

Atentamente,



Ing. For. Johana Cristina Muñoz Ch. Mg.Sc.

DIRECTORA DE TESIS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

CERTIFICACIÓN:

Que en calidad de Tribunal de Calificación de la Tesis titulada, **BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN DOS ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN “FRANCISCO VIVAR CASTRO”** de autoría de la señorita egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal Guisella Yazmín Carrera Bravo, portadora de la cedula N° 1150041786, ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Loja, 06 de marzo del 2019

Atentamente,



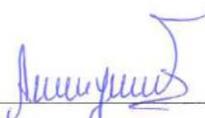
Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo, Mg. Sc.

PRESIDENTA



Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez, Mg. Sc.

VOCAL



Ing. Alexandra del Cisne Jiménez Torres, Mg. Sc.

VOCAL

AUTORÍA

Yo, Guisella Yazmín Carrera Bravo, declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autora: Guisella Yazmín Carrera Bravo

Firma:  _____

Cedula: 1150041786

Fecha: Loja, 07 de marzo del 2019

**CARTA DE AUTORIZACION DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA PARA
LA CONSULTA, REPRODUCCION PRCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DE TEXTO COMPLETO**

Yo, Guisella Yazmín Carrera Bravo, declaro ser autora de la tesis titulada: **BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN DOS ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN “FRANCISCO VIVAR CASTRO”**, como requisito para optar el grado de: Ingeniera Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 07 días del mes de marzo de 2019, firma la autora.

Firma:  _____

Autora: Guisella Yazmín Carrera Bravo

Número de cédula: 1150041786

Dirección: Zarzas 1. Jorge Miguel Cabrera y Jorge Gaitán

Correo electrónico: guisecarrera19@gmail.com Teléfono: 0967637584 - 2109650

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora de Tesis: Ing. For. Johana Muñoz Chamba Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg. Sc. (Presidenta)

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez Mg. Sc. (Vocal)

Ing. Alexandra del Cisne Jiménez Torres Mg. Sc. (Vocal)

AGRADECIMIENTO

Al finalizar mi trabajo de investigación le agradezco a Dios, porque Tú Padre amado tienes el mejor plan de vida para todos, lo que nosotros podemos hacer en diez años Tú puedes hacerlo en un minuto, gracias por permitirme cumplir una meta importante para mi vida y así crecer como persona.

A mis hijos Yhael Nicolás y Luciana Simone por ser la fuerza, impulso y el motivo para ser mejor cada día.

A mis padres Adriano y Mónica, por aportar en mi vida la mejor herencia que los padres dejan a sus hijos, la educación; a mis hermanos Dennys y Omayck por brindarme apoyo incondicional.

Mi más sincero agradecimiento a todos los docentes y personal administrativo que forman parte de la Carrera de Ingeniería Forestal y de manera especial a la Ing. Johana Cristina Muñoz por el tiempo dedicado, la paciencia infinita y la asesoría académica de excelencia para culminar el presente trabajo, sin su respaldo no hubiese podido culminar esta importante fase de mi vida.

Finalmente, a mis compañeros de clase Jordy, Leidy, Elvis, Alex, Darwin, Esthela, Héctor, Jimmy, Daniela; en especial a mis queridas amigas Ariana, Katherine, Marco Adrián y Dayanara por brindarme su lealtad e incondicional amistad.

¡Gracias!

DEDICATORIA

Con amor para Yhael Nicolás y Luciana Simone

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pag.
CARATULA	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iii
AUTORIA	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
TÍTULO	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xviii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro” (PUEAR)	3
2.1.1. Aspectos ecológicos del PUEAR	3
2.1.2. Tipos de cubiertas vegetales del PUEAR	4
2.2. Regeneración natural	5
2.2.1. Mecanismos de regeneración natural	6
2.2.2. Importancia de la regeneración natural	6
2.2.3. Factores de regeneración natural	6

2.2.4.	Etapas esenciales de la regeneración natural.....	6
2.3.	Banco de semillas del suelo.....	7
2.3.1.	Tipos de banco de semillas del suelo.....	8
2.3.2.	Formación del banco de semillas del suelo.....	9
2.3.3.	Fuentes del banco de semillas.....	10
2.3.4.	Persistencia y dormancia de banco de semillas del suelo.....	10
2.3.5.	Dinámica de la población del banco de semillas del suelo.....	11
2.4.	Concepto de semilla.....	11
2.4.1.	Partes de la semilla.....	12
2.4.2.	Tipos de semilla.....	13
2.4.3.	Tipos de dispersión de la semilla.....	13
2.5.	Concepto de germinación.....	13
2.5.1.	Concepto de índice de velocidad de germinación.....	14
2.5.2.	Índice de velocidad germinativa.....	14
2.6.	Índices de diversidad.....	14
2.6.1.	Índice de diversidad de Shannon (H').....	14
2.6.2.	Índice de equitatividad de Pielow (E).....	15
2.7.	Estudios similares acerca de banco de semillas del suelo en el país y otras regiones.....	16
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1.	Ubicación del área de estudio.....	18
3.2.	Materiales.....	18

3.3.	Metodología para la determinación de la composición del banco de semillas en los diferentes estadios sucesionales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar” (PUEAR).	19
3.3.1	Identificación de los ecosistemas en estudio para la recolección de las muestras	19
3.3.2.	Reconocimiento de tipos de semillas del PUEAR.....	20
3.3.3.	Obtención de las muestras del banco de semillas del suelo.....	21
3.3.4.	Procesamiento de las muestras	22
3.3.5.	Monitoreo de muestras de suelo	23
3.3.6.	Identificación de especies del banco de semillas del suelo	23
3.3.7.	Obtención del índice de velocidad germinativo	24
3.4.	Metodología para la evaluación de la diversidad de especies del banco de semillas presente en los estadios sucesionales.....	24
3.4.1.	Índice de diversidad de Shannon (H')	24
3.4.2.	Índice de equitatividad de Pielow (E).....	24
3.5.	Difusión de resultados a interesados.....	25
4.	RESULTADOS	26
4.1.	Composición del banco de semillas en los diferentes estadios sucesionales del PUEAR	26
4.1.1.	Características del tipo de dispersión de semillas de los ecosistemas bosque montano y plantación forestal.....	26
4.1.2.	Germinación de semillas	27

4.1.3.	Índice de velocidad de germinación	29
4.1.4.	Composición florística.....	29
4.2.	Evaluación de la diversidad de especies del banco de semillas del PUEAR.....	30
4.3.	Difusión de resultados a actores interesados	32
5.	DISCUSIÓN	34
6.	CONCLUSIONES	38
7.	RECOMENDACIONES	39
8.	BIBLIOGRAFÍA	40
9.	ANEXOS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la semilla.....	12
Figura 2. Germinación de la semilla.....	13
Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio	18
Figura 4. Ubicación de áreas de recolección de muestras	19
Figura 5. Diseño de muestreo de la parcela de estudio, a) bosque montano; b) plantación forestal	20
Figura 6. Proceso de obtención de muestras de suelo: a) uso de barreno; b) etiquetado de muestras	21
Figura 7. a) Tamizaje y disposición del sustrato en bandejas; b) etiquetado de muestras	22
Figura 8. Existencia de germinación del banco de semillas del suelo correspondiente a cada bandeja	23
Figura 9. Curva de tiempo de bosque montano.....	28
Figura 10. Curva de tiempo de plantación forestal.....	28
Figura 11. Curvas rango de abundancia del bosque montano y plantación forestal	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Etapas esenciales de regeneración natural.....	7
Tabla 2. Interpretación del índice de Shannon.	15
Tabla 3. Interpretación del índice de equitatividad.	16
Tabla 4. Hoja de campo.....	22
Tabla 5. Descripción de tipos de dispersión de semillas de especies presentes en bosque montano del PUEAR.	26
Tabla 6. Descripción de tipos de dispersión de semillas de especies presentes en plantación forestal del PUEAR.....	27
Tabla 7. Índice de velocidad germinativa de bosque montano.....	29
Tabla 8. Índice de velocidad germinativa de plantación forestal.	29
Tabla 9. Composición de banco de semillas del bosque montano.	30
Tabla 10. Composición del banco de semillas del suelo de plantación forestal.....	30
Tabla 11. Diversidad de especies del banco de semillas del suelo del PUEAR.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de muestras de suelo de bosque montano.....	45
Anexo 2. Datos de muestras de suelo de plantación forestal	46
Anexo 3. Descripción vegetal de bosque montano.	48
Anexo 4. Descripción vegetal de plantación forestal.....	51
Anexo 5. Datos de índice de Shannon de bosque montano.	56
Anexo 6. Datos de índice de equitatividad de bosque montano.....	56
Anexo 7. Datos de índice de Shannon de plantación forestal.	56
Anexo 8. Datos de índice de equitatividad de plantación forestal.	56
Anexo 9. Análisis estadístico.	57
Anexo 10. Muestras de sustrato en bandejas.....	58
Anexo 11. Individuos	58

**TÍTULO: BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO EN DOS
ECOSISTEMAS DEL PARQUE UNIVERSITARIO DE
EDUCACIÓN AMBIENTAL Y RECREACIÓN “FRANCISCO
VIVAR CASTRO”**

RESUMEN

Se estudió la composición y diversidad del banco de semillas del suelo de los ecosistemas bosque montano y plantación Forestal del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”; el estudio se ejecutó desde noviembre del 2017 a septiembre del 2018.

En los ecosistemas de bosque montano y plantación forestal se realizó la extracción de 45 muestras de suelo, en dos parcelas de 1 ha (10 000 m²) cada una, a la cual se dividió en 25 subparcelas de 20m x 20m, muestras que fueron monitoreadas durante 90 días (tres meses), regando dos veces al día.

La identificación de especies se realizó en el Herbario “Reinaldo Espinoza” de la Universidad Nacional de Loja.

La composición del banco de semillas de bosque montano estuvo formada por 88 individuos, que pertenecen a siete especies, siete géneros y cinco familias. *Ageratina dendroides* y *Muehlenbeckia tamnifolia* corresponde a estratos arbustivos con 54 y cinco individuos respectivamente, de las cuales tres especies son consideradas Nativas y una Endémica. En cambio en plantación forestal germinaron un total de 61 individuos, pertenecientes a dos especies, que corresponden a dos géneros y dos familias, identificadas como hierba y arbusto, de las cuales *Phytolacca bogotensis* es considerada Nativa.

La comunidad de plántulas emergentes del banco de semillas en el suelo de mayor riqueza específica se presentó en el bosque montano en comparación con el ecosistema de plantación forestal.

El bosque montano presentó mayor número de especies y de individuos en comparación al sitio plantación forestal, sin embargo no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0,122$) en el número de individuos, mientras que, al comparar las especies registradas en ambos ecosistemas se evidencia significancia estadística ($p=0,0451$).

Se puede observar que los géneros compartidos en estos dos ecosistemas son *Ageratina* y *Phytolacca*, siendo la principal diferencia el número de individuos de la especie; en el bosque montano, la presencia del arbusto es mayor mientras que en la plantación forestal es la hierba que se encuentra con mayor cobertura. Es decir que el bosque montano

presentó cinco especies de plántulas emergentes que se estarían desarrollando de manera exclusiva en este ecosistema.

Respecto al índice de equitatividad de Pielow en bosque montano y plantación forestal reflejó un área heterogénea en abundancia con 0,28 y 0,13; respectivamente, lo que quiere decir que plantación forestal presenta mayor homogeneidad.

Palabras claves: Banco de semillas del suelo, bosque montano, plantación, regeneración natural.

ABSTRACT

The composition and diversity of the soil seed bank of the ecosystems montane forest and forest plantation of the "Francisco Vivar Castro" University Park of Environmental Education and Recreation was studied; the study was executed from November 2017 to September 2018.

In each ecosystem, 45 soil samples were extracted from two plots of 1 ha (10,000 m²) each, which were divided into 25 sub-plots of 20m x 20m, samples that were monitored for 90 days (three months), irrigating twice a day.

The identification of species was done in the Herbarium "Reinaldo Espinoza" of the Universidad Nacional de Loja.

The composition of the montane forest seed bank consisted of 88 individuals, belonging to seven species, seven genus and five families. *Ageratina dendroides* and *Muehlenbeckia tamnifolia* correspond to shrub strata with 54 and five individuals respectively, of which three species with considered native and one Endemic. On the other hand, in forest plantation a total of 61 individuals germinated, belonging to two species, corresponding to two genera and two families, identified as grass and shrub, of which *Phytolacca bogotensis* is considered Native.

The community of seedlings emerging from the seed bank in the soil of greatest specific richness occurred in the montane forest compared to the forest plantation ecosystem.

The montane forest presented a higher number of species and individuals compared to the forest plantation site, however there were no statistically significant differences ($p=0.122$) in the number of individuals, while comparing the species recorded in both ecosystems shows statistical significance ($p=0.0451$).

It can be observed that the genus shared in these two ecosystems are *Ageratina* and *Phytolacca*, the main difference being the number of individuals of the species; in the montane forest, the presence of the shrub is greater while in the forest plantation it is the herb with greater coverage. In other words, the montane forest presented five species of emerging seedlings that would be developed exclusively in this ecosystem.

With respect to the Pielou equity index in montane forest and forest plantation, it reflected a heterogeneous area in abundance with 0.28 and 0.13, respectively, which means that forest plantation presents greater homogeneity.

Keywords: Soil seed bank, montane forest, plantation, natural regeneration.

1. INTRODUCCIÓN

La regeneración natural juega un papel fundamental en la dinámica del bosque, en donde cada especie tiene adaptaciones ambientales y ecológicas particulares, que permiten la sobrevivencia de las plántulas y con ello la regeneración a partir de las semillas (Muñoz, 2017). Las semillas representan el primer eslabón en el ciclo de regeneración de cualquier comunidad vegetal, sin este punto de inicio biológico no es posible la persistencia indefinida de la vegetación (López *et al.*, 2006). Es el principal órgano reproductivo de la mayoría de plantas desempeñando un papel fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica (Siones, Ledesma, Rosenberger, Galliussi, y Sabattini, 2015).

Sin duda, el papel que desempeñan las semillas en la dinámica poblacional de los bosques es muy importante, sin embargo, poco se conoce acerca de la cantidad o el tipo de semillas que de alguna forma se encuentran reposando en el suelo, en período de latencia, esperando las condiciones ambientales favorables para poder germinar. Al depósito de semillas presentes en el suelo se denomina banco de semillas del suelo mismo que se caracteriza por ser un grupo de semillas viables presentes en y sobre el suelo o asociadas a la hojarasca en un tiempo determinado (Simpson *et al.*, 1989; Van Der Valk, 1992; Harper, 1977).

En este sentido, el banco de semillas es considerado como el conjunto de semillas que representan el potencial regenerativo de las comunidades vegetales (Henderson *et al.*, 1988). La presencia de semillas en cantidad y tipo en un área específica resulta dependiente de la historia de la vegetación de cobertura (Cook, 1980). En relación a ello, se deduce que el banco de semillas del suelo es un componente importante de la dinámica vegetal y una estrategia de sobrevivencia de las especies a lo largo del tiempo (Guevara y Gómez 1976).

El entendimiento de la sucesión vegetal es la base para lograr un aprovechamiento sostenible de los recursos forestales (Lemus, 2008). Ecosistemas como el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro” (PUEAR) constituyen sitios de conservación vitales para el casco urbano de la ciudad de Loja, conserva una excelente diversidad de ecosistemas diferenciables por su composición, estructura y función, es decir diferentes estadios de sucesión en donde las semillas

depositadas en el suelo aseguran su recuperación y permanencia de los recursos que sustentan. Limitadas son las investigaciones que se enfocan en conocer la ecología de las especies forestales, tipos de dispersores, germinación, procesos de sucesión después de impactos naturales o antrópicos, requisitos del hábitat y el potencial para la regeneración de las especies, por lo que se debe impulsar proyectos enfocados a comprender la dinámica ecológica, los factores ambientales y ecológicos, las limitaciones del proceso de regeneración natural que se presentan en ecosistemas diversos y frágiles como los bosques tropicales de montaña (Muñoz, 2017).

Por lo antes expuesto, el PUEAR constituye un laboratorio vivo que aún debe ser estudiado, una de las necesidades de generar información científica se concentra en el estudio del banco de semillas de suelo para poder sentar las bases ecológicas, que permitan comprender los procesos de regeneración natural y por ende de la ecología del sitio, la presente investigación se desarrolló en dos ecosistemas del PUEAR bien diferenciados: el área de bosque que presenta un buen estado de conservación por la presencia de una gran diversidad florística formada por árboles, arbustos, hierbas y epifitas (Aguirre y Yaguana, 2014) y el área de plantaciones en donde se destaca la presencia de especies como eucalipto y pino (Aguirre y Yaguana, 2014).

Esta investigación se realizó en los meses de noviembre del 2017 a septiembre del 2018, cumpliendo los siguientes objetivos:

General:

- Contribuir con información que aporte al conocimiento del banco de semillas del suelo del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vívar” (PUEAR).

Específicos:

- Determinar la composición del banco de semillas en los diferentes estadios sucesionales.
- Evaluar la diversidad de especies del banco de semillas presente en los estadios sucesionales.
- Difundir los resultados a actores interesados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro”

Es un área con iniciativa privada de conservación, que posee características muy particulares, como: ser un remanente de bosque andino dentro de la ciudad de Loja, hábitat de 100 especies de aves, 10 mamíferos, plantaciones de pinos, bosque de aliso, nogal, matorral y páramo antrópico, que lo convierte en un importante escenario para conocer y disfrutarlos recursos biológicos de la región sur del Ecuador. Además dentro del parque nacen dos nanocuenas: Los Nogales y León Huayco que abastece de agua para el jardín botánico “Reinaldo Espinosa”. También el PUEAR es un espacio muy importante para que los estudiantes de ciencias agropecuarias complementen su formación profesional y estudiantes de otras carreras de la Universidad Nacional de Loja hagan Educación e Interpretación Ambiental (Aguirre y Yaguana, 2014).

Los límites del PUEAR son: por el Norte la cuenca de la quebrada León Huayco, desde la carretera a Vilcabamba hasta la cresta de la cordillera oriental; por el Sur con terrenos de colonos desde el Jardín Botánico hacia arriba de la cordillera oriental; por el Este el filo de cordillera oriental sector Zamora Huayco; y por el Oeste la carretera a Vilcabamba (Aguirre y Yaguana, 2014).

2.1.1. Aspectos ecológicos del PUEAR

Entre los aspectos ecológicos, el suelo se caracteriza por tener origen metamórfico, de baja fertilidad, medianamente profundo (60 cm), de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso, pH ácido, con valores bajos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Se trata de suelos coluviales donde ha existido la acción constante de fenómenos geomorfológicos que han modificado la fisiografía con grandes deslizamientos y la acción de la erosión pluvial, ha dado como resultado la formación de estoraques y colinas (Aguirre y Yaguana 2014; Aguirre 2001; Guarnizo y Villa 1995). La topografía del terreno es accidentada con pendientes medias que fluctúa entre 40-90 % (Aguirre, 2001).

La red hidrográfica la conforman dos pequeñas quebradas: León Huayco, con un caudal promedio de 5,14 l/s y Los Nogales, con un caudal promedio de 2,16 l/s (Aguirre y Yaguana, 2014). En el suelo del parque se encuentra el banco de semillas que es uno de

los elementos bióticos más importantes para la regeneración, permanencia del bosque (Trujillo y Vargas, 2008) y para el funcionamiento del ecosistema, pues se constituye en un reservorio de especies listas a germinar cuando se presenta una perturbación o cuando las condiciones ambientales cambian para iniciar el proceso de sucesión (Moscoso y Diez, 2005).

2.1.2. Tipos de cubiertas vegetales del PUEAR

Aguirre y Yaguana (2014) han descrito cinco tipos de cubiertas vegetales en el PUEAR:

- **Bosque natural**

Este ecosistema se encuentra a una altitud de 2 250 msnm. Tiene una extensión de 12,93 ha que corresponde al 13,46 % del área total del PUEAR, es la cobertura boscosa de máximo crecimiento y desarrollo con una gran diversidad florística formada por árboles, arbustos, hierbas, parásitas y epífitas. Gran parte de este bosque se encuentra en lugares de difícil acceso tanto por la estructura de la vegetación como por la pendiente del terreno. Debajo del bosque natural existen suelos profundos y negros, con una buena capa de materia orgánica compuesta de árboles caídos, ramas y hojas que han sido desintegradas por agentes de meteorización y microorganismos del suelo. Dentro de este ecosistema se incluyen el bosque con dominio de *Juglans neotropica* (nogal) con 2,91 ha (3,03 %); y, el bosque con abundancia de *Alnus acuminata* (aliso) con una extensión de 2,45 ha (2,55 %).

- **Matorral alto**

Está constituido por especies secundarias que resultan de la destrucción del bosque primario, comprende un área de 28,4 ha que corresponde al 29,58 % del área del PUEAR. Se puede distinguir dos estratos: arbustivo y herbáceo; además gran cantidad de plantas inferiores, que conjuntamente con los residuos vegetales forman la cobertura del suelo, protegiéndolo de la erosión y pérdida de la humedad (Aguirre y Yaguana, 2014).

- **Matorral bajo**

Este ecosistema comprende 14,27 ha que constituye el 14,86 % del área total del PUEAR. Corresponde a vegetación secundaria, producto de la destrucción del bosque, por incendios forestales, está ubicada en las partes altas con fuertes pendientes, desempeña un papel muy importante en la protección del suelo y del nacimiento de las quebradas.

Está conformada por arbustos, hierbas y una gran cantidad de plantas inferiores.

- **Páramo antrópico**

Llamado también pajonal, localizado entre 2380 a 2468 msnm, ocupa 20,58 ha dentro del PUEAR (21,44 %), sobre terrenos con pendientes mayores a 35 %, es una formación herbácea perenne, con dominio de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides*; en conjunto forma una vegetación densa muy importante en la conservación por su capacidad retentiva de agua. Esta cobertura vegetal ha sufrido alteraciones en la estructura y composición de su vegetación, que ha traído como consecuencia la degradación de los suelos, especialmente por el proceso de lixiviación.

- **Plantaciones forestales**

Este tipo de cobertura vegetal está conformada especialmente por eucalipto y pino, tiene un área de 13,83 ha (14,4 % del PUEAR, encontrándose 12 especies de *Eucalyptus* spp. y 11 especies de Pino. Bajo el dosel de las plantaciones se ha formado un interesante sotobosque con especies nativas, donde se han inventariado 20 especies que corresponden a 14 familias.

2.2. Regeneración natural

La regeneración natural es la renovación de árboles en un bosque y proporciona un reemplazo natural de los individuos (Ebert, Ribeiro, Zanirato, y Brito, 2014).

Del mismo modo es un proceso por el que en un espacio dado se produce la aparición de nuevos pies de distintas especies forestales sin intervención de la acción indirecta del hombre (Serrada, 2003), también es un proceso ecológico cíclico que depende de factores bióticos y abióticos específicos, así como de las intervenciones antrópicas que se realicen, condicionando la permanencia de las especies y la diversidad de los bosques (Muñoz, 2017), es así que la regeneración natural juega un papel fundamental en el mantenimiento de la diversidad de los bosques.

Dicho proceso ocurre en múltiples fases: producción y dispersión de semillas, germinación y establecimiento de las plántulas. Cada una de estas fases representa un cuello de botella muy fuerte en la demografía de las especies, pues los estadios más tempranos en el ciclo de vida de las plantas (semillas y plántulas) son los más

vulnerables a mezclas de origen ambiental y biótico, y por ende los individuos están sujetos a altos riesgos de mortalidad (Norden, 2014).

Es decir, el proceso por medio del cual se reestablecen las masas boscosas naturales, al reproducirse el arbolado y ocupar de nuevo los sitios abiertos por perturbaciones naturales o inducidas por el hombre se denomina regeneración natural (Moscoso y Diez, 2005).

2.2.1. Mecanismos de regeneración natural

Los mecanismos de regeneración natural de las especies vegetales son cinco tipos: expansión vegetativa, regeneración estacional en claros de vegetación, regeneración a través de un banco permanente de semillas, regeneración a través de diversos tipos de semillas o esporas diseminadas por el viento y regeneración que implica un banco permanente de plántulas (Norden, 2014). La regeneración después de la tala de grandes áreas proviene del banco de semillas, tocones y en menor medida de semillas recién dispersadas (Mataix, 1999).

2.2.2. Importancia de la regeneración natural

La regeneración de los bosques constituye la base para la renovación y la continuidad de las especies, lo que la convierte en uno de los procesos más importantes en el ciclo de vida de las plantas (Norden, 2014).

La importancia se hace más evidente cuando se considera que las características cuantitativas y cualitativas de bosque maduro están íntimamente relacionados con la dinámica procesos de regeneración natural biótica y abiótica, que consecuentemente continuará el mantenimiento de la biodiversidad forestal (Ebert *et al.*, 2014).

2.2.3. Factores de regeneración natural

Varios factores pueden influir en la regeneración natural, por ejemplo etapas sucesionales como determinantes factores climáticos interactivos, así como factores bióticos, edáficos, fisiográficos etc., y antropogénico (Ebert *et al.*, 2014).

2.2.4. Etapas esenciales de la regeneración natural

La regeneración natural es un componente esencial de la dinámica forestal, de la recuperación de los bosques y de las funciones de los ecosistemas, por lo tanto, comprender el estado de regeneración y cómo los factores abióticos y bióticos es

importante para los estudios ecológicos, a continuación se menciona etapas de la regeneración (Khaine *et al.*, 2018). Ver Tabla 1:

Tabla 1. Etapas esenciales de regeneración natural.

Panorama general	Características
Floración	Todas las especies de árboles pueden reproducirse sexualmente a partir de semillas. Algunas especies que se encuentran en algunos ambientes dependen en gran medida de la regeneración vegetativa
Suministro de semillas	Ningún árbol o grupo de los árboles es una fuente confiable a menos que sea suficientemente maduros y vigorosos para producir semillas. Los portadores de semillas deben estar ubicados de manera que el viento u otras agencias aseguran la polinización y la correcta distribución de las semillas sobre el desplazamiento.
Dispersión de semillas	Los modos de diseminación de semillas incluyen casi todos los mecanismos imaginables (p. ej. animales, viento, agua, gravedad) Las distancias de dispersión efectiva varían ampliamente, pero por lo general no mayor que unas pocas veces la altura de los portadores de semillas. Depredadores (insectos, murciélagos, aves, roedores, etc.) representan algunas pérdidas.
Almacenamiento	Las semillas producidas en un año "bueno" a menudo deben sobrevivir al menos un período frío o seco y estar listas para germinar al año siguiente período vegetativo.
Germinación	Depende en gran medida de la cantidad de lluvia y condiciones justo en el lugar donde cayó la semilla
Etapa suculenta	Las plántulas son más vulnerables durante las primeras semanas de vida, mientras que los tallos todavía están verde y suculento
Crecimiento y establecimiento	La clave del éxito es echar raíces en la tierra lo suficientemente rápido como para mantener el contacto con las porciones del suelo donde hay agua disponible

Fuente: Khaine *et al.*, (2018).

2.3. Banco de semillas del suelo

El banco de semillas es la reserva de propágulos viables presentes en el suelo y en su superficie (Hernández, Malkind, y Mora, 2009), el cual representa una de las fuentes de

regeneración natural más importantes en comunidades fuertemente perturbadas (Guevara y Gómez, 1976).

Así mismo el banco de semillas del suelo es el origen del ciclo de vida de la especie anual, siendo fundamentalmente la causa de su persistencia; en los perennes, además del banco de semillas, existe un abismo de propágulos vegetativos como tubérculos, rizomas y estolones (Christoffoleti, 1998).

De la misma forma, se le denomina también banco de semillas a la agregación de semillas viables sin germinar que se encuentran en el suelo, o asociadas con la hojarasca convirtiéndose en la “memoria ecológica sucesional”, por tanto su importancia radica en que se mantiene la diversidad ecológica y genética de las poblaciones y comunidades vegetales (Trujillo y Vargas, 2008).

Esta población de semillas, se encuentra por lo general dominada por las semillas de unas pocas especies de árboles y arbustos pioneros, en espera de las condiciones ambientales propicias para germinar. A diferencia del rebrote, el banco de semillas permite la conservación de la variabilidad genética (Bedoya, Estévez, y Castaño, 2010).

2.3.1. Tipos de banco de semillas del suelo

Según Bedoya *et al.*, (2010) el banco de semillas del suelo se clasifica en:

- **Transitorios:** compuestos por semillas de corta viabilidad y no dormantes, son aquellas semillas enterradas a menos de 5 cm de la superficie del suelo, y que germinan en menos de un año.
- **Persistentes:** los que presentan semillas con dormancia facultativa, son semillas enterradas a más de 5 cm de profundidad y permanecen varios años sin producir nuevas plántulas. Generalmente una perturbación (fuego, remoción de biomasa, etc.) desencadenan que la latencia de las semillas se rompa y logren la germinación.
- **Pseudo-persistentes:** compuestos por semillas no dormantes que se dispersan continuamente durante el año, tales como especies herbáceas y pioneras de vida corta como *Hypochaeris radicata*.
- **Transitorios estacionales:** en esta categoría se incluyen los compuestos por semillas que tienen dormancia estacional, cuyas especies persisten en el suelo menos de un año, normalmente pocos meses.

- **Transitorios retardados:** compuestos por semillas con germinación retardada no asociada con condiciones adversas estacionales. No obstante, las semillas sobre la superficie del suelo no persisten por largos periodos, y su entierro claramente favorece la persistencia.

También existen los bancos de semillas del suelo (Maia y Pérez, 2006) realizando una clasificación por tipos:

Tipo I: son bancos de semillas con especies estivales, incluye un gran número de gramíneas cuyas semillas se dispersan durante el verano para luego germinar de manera sincronizada en condiciones frescas a inicios del invierno.

Tipo II: son bancos transitorios con especies de regiones continentales de zonas templadas, las semillas son relativamente grandes, germinan en un amplio rango de temperaturas y ausencia de luz. Este tipo de banco representa una adaptación específica que retrasa la germinación hasta el inicio de la estación de crecimiento.

Tipo III: son bancos persistentes en los cuales muchas de las semillas germinan después de la dispersión y las que no lo hacen se incorporan al suelo. Este modelo incluye especies pequeñas de herbáceas y gramíneas.

Tipo IV: son bancos persistentes en los cuales pocas semillas germinan inmediatamente después de la dispersión, y las especies mantienen un banco de semillas cuyo tamaño está estrechamente relacionado con la producción de semillas anuales.

Entre los bancos III y IV, aun cuando ambos son persistentes, existen diferencias en lo relativo a la fisiología de las semillas que los constituyen. Si bien la mayoría de las semillas son de tamaño pequeño, hay algunas especies con semillas grandes que poseen mecanismos de dormición innata. Que aumentan las posibilidades de ser enterradas. Al respecto la acción de los animales favorece la incorporación de las semillas en el suelo al acelerar su enterramiento.

2.3.2. Formación del banco de semillas del suelo

La formación del banco de semillas del suelo se inicia con la dispersión y finaliza con la germinación o muerte de las semillas. Su dispersión alrededor de la planta que le dio origen, establece una distribución determinada en la superficie de suelo. Respecto a ello, la agregación de las semillas que caen en un área particular depende de una variedad de factores tales como la altura, la distancia y la distribución de la fuente de semillas, de los

agentes de dispersión y la capacidad de dispersión de las semillas. También depende del uso anterior y actual que se le da al suelo (Ponce y Montalbán 2005).

Cuando se remueve la tierra de un jardín o se abandona un campo después de haberlo cultivado, con las primeras lluvias empieza a germinar gran cantidad de semillas que habían estado latentes en el suelo. Puede ser que formen parte del banco de semillas o que provengan de plantas cercanas que están fructificando (Ponce y Montalbán 2005). El proceso mediante el cual un suelo se va cubriendo de vegetación y de poblaciones de diferentes especies de plantas que se van reemplazando se llama sucesión. Este proceso permite el restablecimiento de una comunidad semejante a la que había antes de que fuera talada o eliminada la vegetación original (Norden, 2014). La composición de los bancos de semillas es variable, y se clasifica como temporal o persistente, cuando modificando la regeneración de la vegetación durante en otra época del año. Los bancos temporales son compuestas de semillas de corta vida, que no presentan latencia y se dispersan en el tiempo por períodos cortos durante el año (Christoffoleti, 1998).

2.3.3. Fuentes del banco de semillas

El banco de semillas del suelo llega a constituirse o enriquecerse gracias a la lluvia de semillas, las que junto con propágulos llevarán a cabo el proceso de regeneración, estas semillas o propágulos provienen según Guevara y Gómez (1976):

- Especies representativas de la vegetación actual.
- Especies que, aunque nunca han estado presentes en el área, se encuentran ahí gracias a la alta capacidad de dispersión de sus semillas.

2.3.4. Persistencia y dormancia de banco de semillas del suelo

La persistencia de las especies en un determinado ambiente está asociada, entre otros factores, a su estrategia de colonización, y consecuentemente, se involucra al banco de semillas almacenado en el suelo (Trujillo y Vargas, 2008).

Muchas especies persisten en el suelo años o décadas como semillas no dormidas (Bedoya, Estévez, y Castaño, 2010). Cabe destacar que la inhibición de la germinación puede deberse a la ausencia de condiciones ambientales adecuadas, principalmente luz, durante parte del periodo en el cual las semillas no están dormidas, pero no germinan. El único tipo de dormición que puede indudablemente ser responsable de la persistencia de

las semillas es la dormición física, debida a la presencia de tegumentos impermeables. Resulta evidente entonces que la persistencia de las semillas en el suelo no es directamente dependiente de su estado de dormición (Ponce y Montalbán, 2005).

2.3.5. Dinámica de la población del banco de semillas del suelo

Al igual que todo en la naturaleza el banco de semillas del suelo no es estático y tiene una actividad y dinámica propia. Entran por la lluvia de semillas y salen cuando desaparecen ya sea porque germinen o por que mueran por envejecimiento o bien que sean atacadas por hongos, bacterias etc., o que sean depredadas por otros organismos. Las semillas tienen todavía un cuarto destino posible: permanecer latentes formando parte del banco de semillas del suelo (Romero, Baquero, y Beltrán, 2016).

El conocimiento de la dinámica del banco de semillas tiene gran importancia práctica para los sistemas agrícolas y forestales, al igual que para la conservación de comunidades naturales. En los cultivos, gran parte del banco de semillas está formado por las malas hierbas, las cuales salen a la superficie y germinan cuando se ara el campo. Compiten con los cultivos por agua y nutrientes o impiden el paso de la luz con su sombra, logrando que baje la productividad de las plantas (Ponce y Montalbán, 2005).

2.4. Concepto de semilla

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas, ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica, así mismo en la naturaleza, la semilla es una fuente de alimento básico para muchos animales (Allauca, 2005). Las semillas pueden almacenarse vivas por largos períodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (Doria, 2010).

Las semillas son la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio (Allauca, 2005). Constituyen el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran generación tras generación. Son también la unidad móvil de la planta (Santacruz, Castañeda, Gaspar, Núñez, y Mora, 2014). Las semillas son el medio a través del cual, aún de manera pasiva, las plantas encuentran nuevos sitios y microambientes (Doria, 2010).

2.4.1. Partes de la semilla

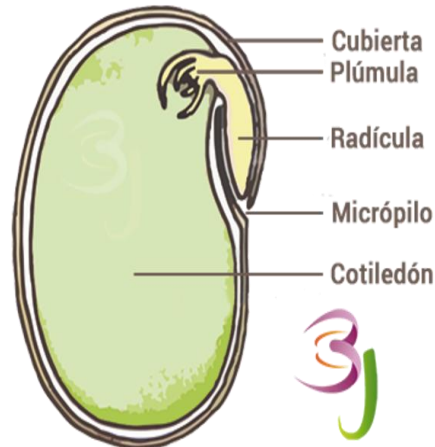


Figura 1. Partes de la semilla

En casi todos los casos se reconoce las partes que conforman la semilla desarrollada con el óvulo fecundado (Bewley y Black, 1978; Cronquist, 1982), ver Figura 1:

- **Testa:** El producto de uno o ambos integumentos del óvulo proporcionan protección y favorece el transporte de la semilla.
- **Perispermo:** Derivado de las nucelas es un tejido de reserva que es dirigido por el embrión durante su desarrollo.
- **Endospermo:** Producido como un resultado de fusión entre un núcleo germinativo macho y de los núcleos polares puede estar presente como un órgano almacenador o de generar total o parcialmente como un tejido rudimentario e igualmente dirigido por el embrión durante su germinación.
- **Embrión:** El resultado de la fertilización de la oófera con un núcleo macho se encuentra entre los cotiledones y presenta un eje corto con puntos de crecimiento.
- **Épicotilo o plúmula:** se convierte en la yema terminal de la planta que dará origen al primer punto de crecimiento del tallo y en el otro la radícula formará la raíz primaria de la plántula.

2.4.2. Tipos de semilla

Las semillas sufren un proceso de deterioro tal que disminuye su longevidad, se define como el tiempo que pueden mantenerse las semillas viables bajo unas determinadas condiciones ambientales (Doria, 2010), se clasifican en:

Ortodoxas: son tolerantes a la desecación es decir que admiten ser desecadas hasta un 5-10% de contenido de humedad, se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo porcentaje de humedad (Doria, 2010).

Recalcitrantes: se caracterizan por su sensibilidad a la deshidratación y una rápida pérdida de viabilidad posterior a la diseminación, lo que implica limitaciones para el almacenamiento de la semilla con fines de propagación de árboles tropicales (Doria, 2010).

2.4.3. Tipos de dispersión de la semilla

Existen distintas formas de dispersión de semillas:

Anemocoria: Dispersión por viento, la que se desarrolla mecánicamente sin necesidad de que actúe algún miembro animal (Raurau, 2012).

Ornitocoria: Dispersión de drupas efectuado por aves (Raurau, 2012). Varias especies de aves silvestres consumen sus frutos y posiblemente son agentes dispersores (Minga y Verdugo, 2017).

Zoocoria. Por la forma y peso se dispersa a grandes distancias realizado por animales (Arroyave *et al.*, 2014).

2.5. Concepto de germinación



Figura 2. Germinación de la semilla.

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración (ver Figura 2). Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en la humedad y actividad respiratoria de la semilla (Doria, 2010).

El proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos, dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia, algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz (Suarez y Melgarejo, 2014).

2.5.1. Concepto de índice de velocidad de germinación

Es el proceso en donde se cuenta el número de días que emergieron la primera plántula para establecer un índice (Maguire, 1962).

2.5.2. Índice de velocidad germinativa

El índice de velocidad de germinación (IVG) propuesto por Maguire (1962) es uno de los más utilizados y se expresa como número de semillas germinadas por día. Su fórmula de cálculo es:

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_i}{N_i} + \dots + \frac{G_n}{N_n} = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

Donde:

N_1, N_2, \dots, N_n : representan número de días desde la iniciación del ensayo de germinación

G_1, G_2, \dots, G_n : representan número semillas germinadas en el día

Se observa que el valor G es una media aritmética de los N_i (días necesarios para la germinación) ponderada por los G_i y por ello las unidades que corresponden a esta velocidad son días.

2.6. Índices de diversidad

2.6.1. Índice de diversidad de Shannon (H')

Mediante este índice se expresó la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo así el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Shannon asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies de una comunidad están representadas en la muestra (Aguirre, 2015).

Los valores de Shannon están entre cero cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Se puede calcular usando el logaritmo natural (más exacto) o con logaritmo base 10 (Aguirre, 2015).

Se realiza la interpretación a través de los valores recomendados por expertos. Ver Tabla 2.

Ecuación para el cálculo es:

$$H' = -\sum P_i \log_n (P_i)$$

En donde:

H= índice de la diversidad de la especie

S= Número de especie

Pi= Proporción de la muestra que corresponde a la especie

Ln= Logaritmo natural

Tabla 2. Interpretación del índice de Shannon.

Rangos	Significado
0-1,35	Diversidad baja
1,36-3,5	Diversidad media
Mayor a 3.5	Diversidad alta

Fuente: Aguirre (2015)

2.6.2. Índice de equitatividad de Pielow (E)

E adquiere cualquier valor entre 0 y 1, donde 1 representa la condición de homogeneidad en la distribución de los elementos y 0 la posibilidad de heterogeneidad (Aguirre, 2015).

$$E = H'/H \text{ max}$$

Donde:

E= Equitatividad

H´= Índice de Shannon

H max= Ln del total de especies (S)

El significado de diversidad se interpreta en base a la siguiente escala entre 0-1, (ver Tabla 3):

Tabla 3. Interpretación del índice de equitatividad.

Valores	Significancia	
0-0,33	Heterogéneo en abundancia	Diversidad baja
0,34 – 0,66	Ligeramente heterogéneo en abundancia	Diversidad media
> 0,67	Homogéneo en abundancia	Diversidad alta

Fuente: Aguirre (2015)

2.7. Estudios similares acerca de banco de semillas del suelo en el país y otras regiones.

En cuanto a estudios similares al tema de banco de semillas del suelo se menciona:

Delgado (2018), en su investigación titulada caracterización del banco de semillas del suelo del bosque estacionalmente seco de Zapotillo, determinó la abundancia y composición de especies a lo largo de un gradiente de perturbación antrópica caracterizando a las especies que lo están formando. Se tomaron ocho muestras de suelo en cinco periodos distintos. Las muestras fueron procesadas y sembradas bajo condiciones controladas para observar el proceso de germinación. En cuanto a las características de las especies, se registraron 59 hierbas no graminiformes y seis hierbas graminiformes. La presencia de especies leñosas en el banco de semillas fue baja, registrándose una especie de árbol.

Romero (2013), realizó un estudio de dinámica temporal del banco de semillas del suelo de especies herbáceas en un bosque seco de suroeste del Ecuador, en donde investigó la variación temporal en la riqueza de especies y abundancia de individuos, en un bosque de pastoreo y un bosque in pastoreo en la Reserva Natural “La Ceiba”, cantón Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador. En donde encontró 798 individuos para el bosque sin pastoreo

y 368 individuos para el bosque con pastoreo. Se encontraron diferencias significativas entre todos los meses de muestreo, además se hallaron diferencias significativas entre los tipos de uso de suelo, tanto para la riqueza y la abundancia del banco de semillas del suelo. Se concluyó que el tiempo influye en la dinámica temporal del banco de semillas del suelo de especies herbáceas.

Según Lemus (2008) realizó una investigación denominada estructura y composición del banco de semillas en diferentes estadios sucesionales del bosque tropical caducifolio en el Municipio de La Huerta, Jalisco, México en donde analizan el cambio en la estructura y la composición de especies del banco de semillas, la abundancia, riqueza y diversidad de las semillas presentes en el suelo durante la época de sequía. Se encontraron 2941 semillas en un área de muestreo de 1,88 m². De este total, se encontraron 103 morfoespecies, 52 identificadas a nivel de especie, género o familia. La estructura y composición de especies del banco de semillas varió notablemente a lo largo de la cronosecuencia.

Una investigación realizada en Argentina por Sione *et al.*, (2015) analizaron el banco de semillas del suelo en dos etapas sucesionales del bosque nativo en Entre Ríos. Se evaluaron dos tratamientos, T1: Bosque nativo y T2: Bosque en regeneración. Se extrajeron muestras de suelo a dos profundidades: 00-05cm y 05-10cm. La densidad total de semillas en los primeros 10 cm de profundidad resultó significativamente superior en el bosque nativo respecto a bosque en regeneración, con un total de 11.917 semillas/m² y 5.169 semillas/m², respectivamente. En bosque nativo se registró una riqueza de 57 especies, correspondiendo a *Setaria geniculata* la mayor densidad relativa en la capa superficial de suelo. En bosque en regeneración se determinaron 45 especies, siendo *Solanum sisymbriifolium* la especie dominante en los primeros 5 cm de suelo. El bosque en regeneración presentó un banco de semillas del suelo de menor riqueza, tamaño y proporción de especies nativas, respecto a bosque nativo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro” encuentra ubicado en el cantón Loja en la Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”, la misma que es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, está ubicado a 5 km de la ciudad, tiene una superficie total de 96 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm. Se encuentra localizado entre las coordenadas geográficas: 79° 11' 07" y 79° 12' 03" Longitud Oeste; 04° 01' 37" y 04° 02' 02" Latitud Sur (Aguirre y Yaguana, 2014). Ver Figura 3.

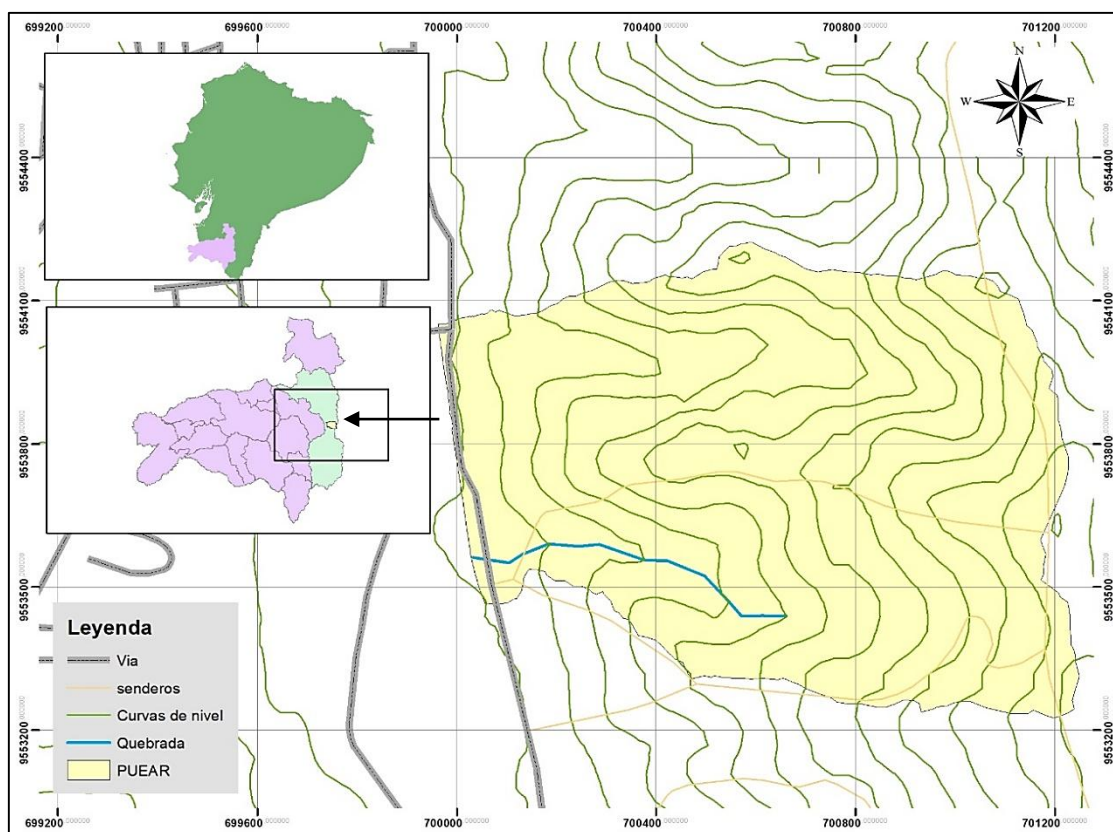


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio

3.2. Materiales

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó los siguientes materiales:

- GPS
- Estacas
- Piola
- Barreno

- Bandejas de espuma flex
- Cámara
- Bolsas plásticas
- Cinta de papel
- Cinta métrica
- Tamizador
- Rotuladores
- Libreta de campo

3.3. Metodología para la determinación de la composición del banco de semillas en los diferentes estadios sucesionales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar” (PUEAR).

Para determinar la composición del banco de semillas fue necesario identificar el tipo de especies vegetales presentes en cada ecosistema seleccionado, forma de diseminación así como la obtención de muestras provenientes del suelo.

3.3.1 Identificación de los ecosistemas en estudio para la recolección de las muestras

En el PUEAR se identificaron dos ecosistemas en diferente estado de sucesión vegetal: bosque montano y plantación forestal con el propósito de contrastar el estado del banco de semillas, en donde se ubicaron dos parcelas de 1 ha cada una para el banco de semillas del suelo de cada ecosistema en estudio. Ver Figura 4.

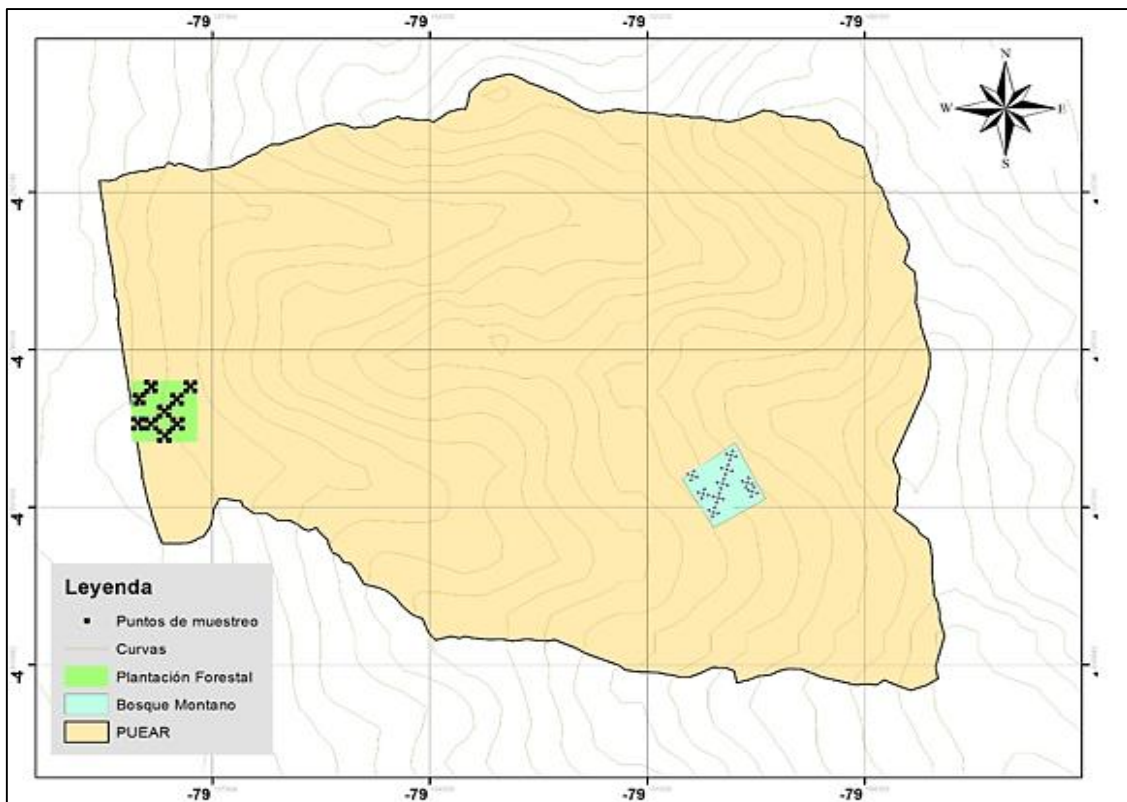


Figura 4. Ubicación de áreas de recolección de muestras

Para el estudio del banco de semillas de bosque montano se utilizó la parcela permanente de 1 ha ubicada en la zona intangible del PUEAR en el año 2016, la misma que se encuentra dividida en 25 subparcelas de 20m x 20m, en donde se aplicó un diseño aleatorio al azar para la selección de nueve subparcelas y en cada subparcela se colectó 5 muestras de suelo mediante un barreno, cuatro muestras de suelo en las esquinas y una muestra de suelo en el centro de las subparcelas, con el propósito de cubrir toda el área de la subparcela. En total en el bosque montano se obtuvo 45 muestras de suelo. Ver Figura 5.

En cambio la recolección de las muestras en el ecosistema de plantación forestal y con el propósito de tener el mismo diseño de la parcela de bosque montano se procedió a diseñar la parcela de 1 ha mediante Arcgis, a la misma se la subdividió en 25 subparcelas de 20m x 20m y en campo se procedió a ubicar mediante GPS y a instalarla mediante el uso de piola y estacas. Luego se procedió a seleccionar al azar 9 subparcelas en donde se recogió cinco muestras de suelo. En total en plantación forestal se obtuvo 45 muestras de suelo. Ver Figura 5.

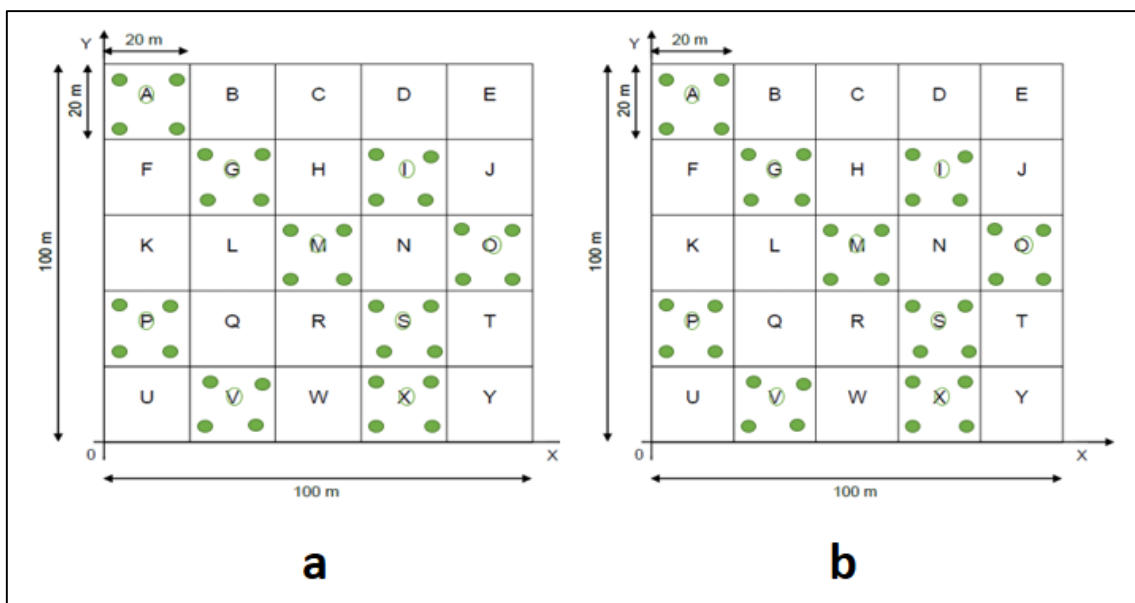


Figura 5. Diseño de muestreo de la parcela de estudio: a) bosque montano; b) plantación forestal.

3.3.2. Reconocimiento de tipos de semillas del PUEAR.

Aguirre (2001) identificó que en el PUEAR existen 137 especies dentro de 109 géneros en 50 familias, las cuales incluyen elementos arbóreos, arbustivos, herbáceos, trepadores

y rosetas, con base a esta información se procedió a determinar la abundancia de las especies y el tipo de dispersión.

Se realizó recorridos de observación por los dos ecosistemas seleccionados, durante cuatro meses, utilizando listas de chequeo y binoculares con el propósito de contrastar información secundaria acerca del estado fenológico con lo que se determinó el tipo de semillas presentes, tanto de bosque montano como de plantación forestal.

3.3.3. Obtención de las muestras del banco de semillas del suelo

La extracción de muestras se ejecutó en el mes de enero en los dos ecosistemas seleccionados (ver Anexo 10), para lo cual se procedió a retirar del suelo la hojarasca o ramas gruesas, la extracción de la muestra se realizó mediante un barreno de acero de 15 cm de longitud y de 10 cm de diámetro (volumen = 1178.1 cm³) luego se procedió a extraer las muestras recolectadas y a introducirlas en fundas plásticas con la etiqueta correspondiente para evitar confusiones. Ver Figura 6.



Figura 6. Proceso de obtención de muestras de suelo: a) Uso de barreno; b) Etiquetado de muestras

La descripción de cada sitio de extracción se realizó utilizando el formato presentado en la Tabla 4, en donde se recopiló información como nombre, fecha, código, ubicación, altitud, temperatura, volumen, entre otros aspectos que permitieron analizar los estratos arbóreos y arbustivos presentes en la zona y su relación con el banco de semillas del suelo (Anexo 1, 2, 3 y 4).

Tabla 4. Hoja de campo.

Hoja de campo							
Nombre:				Fecha:			
Código	Altura		Coordenadas				
Temperatura	_____	Volumen	_____	x_____	y_____		
Humedad_____							
Cobertura de materia orgánica (%):_____				Pendiente (%):_____			
Espesor de la capa orgánica(cm)_____				Suelo Mineral Si() No()			
Descripción vegetal del entorno:							
Nº	Especie	DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro

3.3.4. Procesamiento de las muestras

Las muestras extraídas fueron llevadas al invernadero del Laboratorio de Micropropagación Vegetal de la Carrera de Ingeniería Forestal ubicado en la ciudadela La Argelia en los Predios de la Universidad Nacional de Loja.

Cada muestra de suelo recolectada se tamizó con el propósito de separar y eliminar la hojarasca, ramas, piedras y cualquier otro elemento que no fueran semillas. El material tamizado, fue revisado minuciosamente, y colocado en bandejas de espuma flex debidamente etiquetadas para su posterior monitoreo. Ver Figura 7.

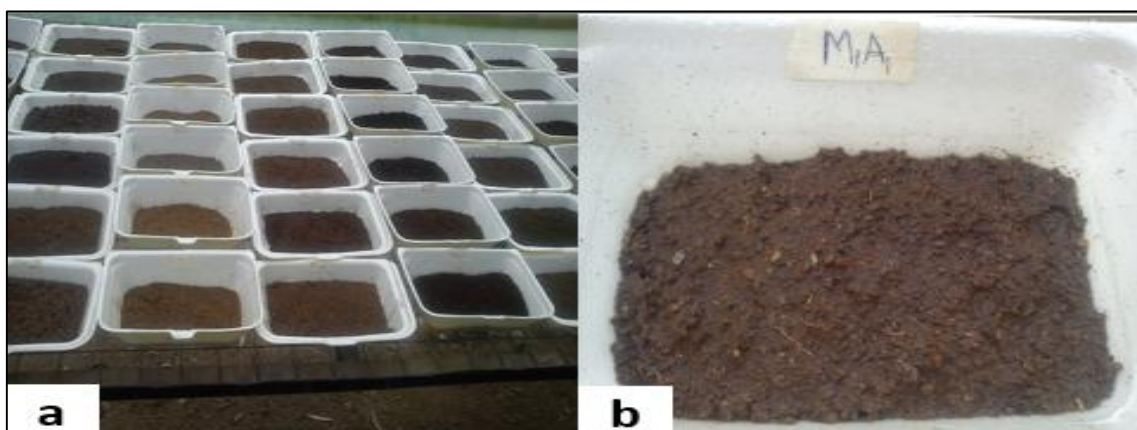


Figura 7. a) Tamizaje y disposición del sustrato en bandejas; b) Etiquetado de muestras

3.3.5. Monitoreo de muestras de suelo

El monitoreo de las muestras de suelo se realizó llevando un registro diario con el propósito de observar la existencia de germinación del banco de semillas del suelo correspondiente a cada bandeja (ver Figura 8). El riego se lo realizó dos veces al día.

El monitoreo se llevó a cabo en un período de tres meses desde la siembra, luego de este tiempo se finalizó la evaluación debido a que en los dos primeros meses emergen el mayor número de individuos del banco de semillas del suelo (Trujillo y Vargas, 2008), después se procedió a identificar las especies para determinar la composición del banco de semillas del suelo.



Figura 8. Existencia de germinación del banco de semillas del suelo correspondiente a cada bandeja

3.3.6. Identificación de especies del banco de semillas del suelo

La identificación de las especies que germinaron se realizó en el Herbario “Reinaldo Espinoza” de la Universidad Nacional de Loja, para ello se trasladó las especies que poseían un tamaño aproximado de 5cm (ver Anexo 11) que permita diferenciar sus atributos y características botánicas, es importante mencionar que identificar las plántulas es una tarea complicada pues algunas especies en sus primeros estadios presentan características botánicas distintas a las plantas adultas lo que de alguna manera limita su identificación por lo que en algunas de las especies se identificó a nivel de género.

3.3.7. Obtención del índice de velocidad germinativo

Se realizó conteos diarios del número de plántulas emergidas, considerando como primer día aquél en que se observó la primera plántula emergida. Para el cálculo correspondiente se aplicó la siguiente fórmula según Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_i}{N_i} + \dots + \frac{G_n}{N_n} = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

Donde:

N_1, N_2, \dots, N_n : representan número de días desde la iniciación del ensayo de germinación

G_1, G_2, \dots, G_n : representan número semillas germinadas en el día.

3.4. Metodología para la evaluación de la diversidad de especies del banco de semillas presente en los estadios sucesionales

Para realizar la evaluación de la diversidad de especies del banco de semillas se utilizó el índice de Shannon y el de Pielow porque expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Aguirre, 2015).

3.4.1. Índice de diversidad de Shannon (H')

Para la obtención del índice se procedió a utilizar una matriz para simplificar la información tal como se presenta en el Anexo 5 y 7, luego se realizó la interpretación a través de los valores recomendados por expertos (ver Tabla 2). El cálculo del índice se realizó utilizando el software R 3.5.1 paquete vegan (ver Anexo 9).

3.4.2. Índice de equitatividad de Pielow (E)

Se adquiere cualquier valor entre 0 y 1, donde 1 representa la condición de homogeneidad en la distribución de los elementos y 0 la posibilidad de heterogeneidad (ver Anexo 6 y 8). Se realizó la interpretación de los datos a través de la Tabla 3.

3.5. Difusión de resultados a interesados

Para la difusión de resultados se realizó un póster científico con información relevante de la investigación que se presentó en el Segundo Congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje realizado en la Universidad del Azuay, Ciudad de Cuenca el 17-19 de octubre y que forma parte de las memorias del evento científico.

4. RESULTADOS

4.1. Composición del banco de semillas en los diferentes estadios sucesionales del PUEAR

4.1.1. Características del tipo de dispersión de semillas de los ecosistemas bosque montano y plantación forestal.

Se identificó la presencia de ocho especies vegetales que forman parte de los estratos arbustivos y herbáceo en el bosque montano, consideradas como las más abundantes, mientras que en el ecosistema de plantación forestal, son tres especies las más representativas, en la Tabla 5 y 6 se describen las características del tipo de dispersión y del tipo de fruto.

Tabla 5. Descripción de tipos de dispersión semillas de especies presentes en bosque montano del PUEAR.

Especie	Tipo de dispersión	Tipo de fruto
<i>Hedyosmun scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	Ornitocoria	Drupa
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng	Anemocoria	Cápsula tricoca
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Ornitocoria	Drupa
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	Zoocoria	Drupa
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Anemocoría	Nueces pequeñas, aladas, protegidas dentro del estróbilo leñoso.
<i>Clusia alata</i> Planch & Triana	Zoocoria	Drupa blanca verdosa
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	Zoocoria	Drupa blanca verdosa
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Ornitocoría.	Drupa globosa.

Como se puede observar en la Tabla 5, en el bosque montano, el 75% de las especies presentan diseminación zoócora y anemócora, los frutos son drupas y cápsulas que sirven de sustento para la avifauna del sector, por ello la avifauna es fundamental en los procesos de dispersión de este tipo de semillas; mientras que en el ecosistema de la plantación forestal (ver Tabla 6), las especies presentan semillas pequeñas por lo que el viento constituye su principal factor de diseminación. El 50% de las especies observadas presentaron flores y frutos durante los recorridos de campo.

Tabla 6. Descripción de tipos de dispersión de semillas de especies presentes en plantación forestal del PUEAR.

Especie	Tipo de dispersión	Tipo de Fruto
<i>Eucalyptus globulus</i>	Anemocoria. Zoocoria.	Fruto en cápsula campaniforme de color glauco y cubierta de un polvo blanquecino.
<i>Pinus radiata</i>	Anemocoria	Fruto cono o estróbilo leñoso, grande parecido a una piña, contiene semillas aladas.
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Anemocoria	Estróbilo en forma de piña, tienen forma globosa y son de color pardo rojizo al madurar. Semillas aladas.

4.1.2. Germinación de semillas

En el bosque montano el primer individuo en germinar de la especie *Phytolacca bogotensis* ocurrió a los nueve días mientras que a los 79 días se alcanzó un máximo de 88 individuos, cabe mencionar que se presentó un periodo de latencia de 20 días en los cuales no se registró germinación, sin embargo a partir del día 43 la germinación volvió a presentarse hasta estancarse en el día 79. Ver Figura 9.

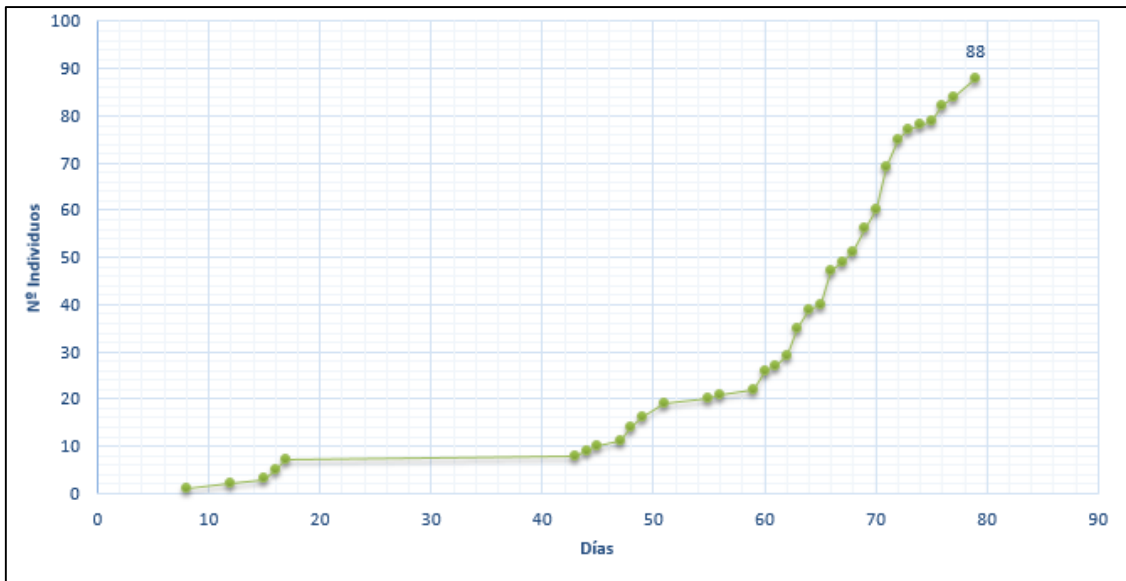


Figura 9. Curva de tiempo de bosque montano

En plantación forestal la germinación se presentó de forma constante y regular, el primer individuo que germinó fue durante los primeros 15 días y alcanzó su máximo expresión a los 71 días con un número total de 61 individuos, posterior al día 71, el proceso de germinación se estancó completamente dando por terminado su monitoreo al día 90. Ver Figura 10.

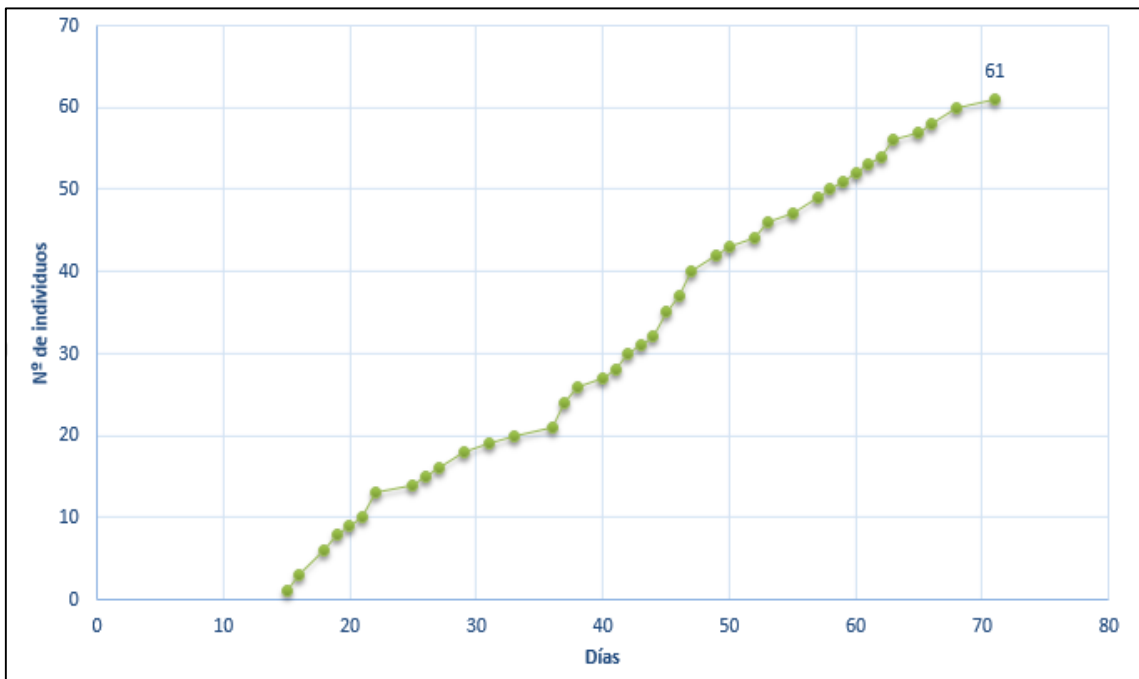


Figura 10. Curva de tiempo de plantación forestal

4.1.3. Índice de velocidad de germinación

El índice de velocidad germinativa (IVG) muestra un rango de 0,04 – 0,88; siendo *Ageratina dendroides* la especie con mayor velocidad germinativa de 0,88 semillas por día. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Índice de velocidad germinativa de bosque montano.

Nombre científico	IVG Promedio± DE*
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng). R.M. King & H. Rob.	0,88 ± 0,020
<i>Colignonia</i> sp.	0,07 ± 0,004
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill	0,08 ± 0,007
<i>Heliopsis</i> sp.	0,04 ± 0,003
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn	0,14 ± 0,009
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	0,50 ± 0,020
<i>Salvia</i> sp.	0,08 ± 0,004

*DE: Desviación Standar

En cambio, en plantación forestal la especie *Phytolacca bogotensis* demostró mayor velocidad germinativa con 1,42 semillas por día. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Índice de velocidad germinativa de plantación forestal.

Nombre científico	IVG
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	1,42 ± 0,03
<i>Ageratina</i> sp.	0,37 ± 0,01

4.1.4. Composición florística

Al cabo de tres meses de monitoreo, de las 45 muestras analizadas en cada ecosistema, en bosque montano germinaron el 51,11% (13 muestras) a diferencia de las muestras obtenidas en plantación forestal en donde se registró el 31, 11% de geminación.

El banco de semillas del área de bosque montano presentó un total de 88 individuos que pertenecen a siete especies, siete géneros y cinco familias. *Ageratina dendroides* con 54 individuos y cinco individuos de *Muehlenbeckia tamnifolia* especies que corresponden al estrato arbustivo, además de la presencia de cinco hierbas típicas de este ecosistema. Cabe mencionar que de las siete especies, tres son consideradas nativas y una endémica. Ver Tabla 9.

Tabla 9. Composición de banco de semillas del bosque montano.

Nombre científico	Familia	Habito de crecimiento	Estado de conservación	Nº de individuos
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng). R.M. King & H. Rob.	ASTERACEAE	Arbusto	Endémica	54
<i>Colignonia</i> sp.	NYCTAGINACEAE	Hierba	Indeterminado	4
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill	ASTERACEAE	Hierba	Nativa	2
<i>Heliopsis</i> sp.	ASTERACEAE	Hierba	Indeterminado	2
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn	POLYGONACEAE	Arbusto	Nativa	5
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	PHYTOLACACEAE	Hierba	Nativa	16
<i>Salvia</i> sp.	LAMIACEAE	Hierba	Indeterminado	5
Total				88

En el ecosistema de plantación forestal germinaron un total de 61 individuos, pertenecientes a dos especies, que corresponden a dos géneros y dos familias, identificada como hierba y arbusto, de las cuales solo *Phytolacca bogotensis* es considerada nativa. Ver Tabla 10.

Tabla 10. Composición del banco de semillas del suelo de plantación forestal.

Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	Estado	Nº de individuos
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	PHYTOLACACEAE	Hierba	Nativa	47
<i>Ageratina</i> sp.	ASTERACEAE	Arbusto	Indeterminado	14
Total				61

4.2. Evaluación de la diversidad de especies del banco de semillas del PUEAR

La comunidad de plántulas emergentes del banco de semillas en el suelo de mayor riqueza específica se presentó en el bosque montano en comparación con el ecosistema de plantación forestal. Ver Tabla 11.

Tabla 11. Diversidad de especies del banco de semillas del suelo del PUEAR.

Índices de diversidad	Bosque Montano	Plantación Forestal
Riqueza	6	2
Nº Individuos	88	61
Shannon_H	1,25	0,54
Equitatividad Pielow	0,28	0,13

El bosque montano presenta mayor número de especies y de individuos en comparación al sitio plantación forestal, sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p=0,122$) en el número de individuos, mientras que al comparar las especies registradas en ambos ecosistemas se evidenció significancia estadística ($p=0,0451$). En la Figura 11, se pueden observar las diferencias en cuanto al número de individuos a través de la curva rango abundancia, en donde se observó el mayor número de plántulas germinadas de las muestras provenientes del bosque montano.

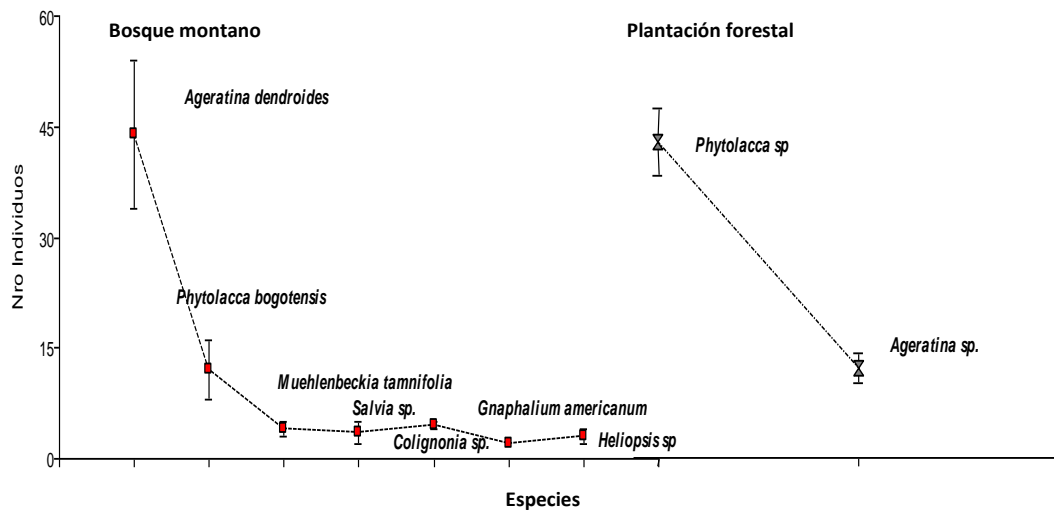


Figura 11. Curvas rango de abundancia del bosque montano y plantación forestal

Se puede observar que los géneros compartidos en estos dos ecosistemas son *Ageratina* y *Phytolacca*, siendo la principal diferencia el número de individuos de la especie; en el bosque montano la presencia del arbusto es mayor, mientras que en plantación forestal la mayor cobertura corresponde a hierba. Es decir que el bosque montano presentó cinco especies de plántulas emergentes que se estarían desarrollando de manera exclusiva en este ecosistema.

De acuerdo al índice de Shannon tanto bosque montano (ver Anexo 5) y plantación forestal (ver Anexo 7) reflejó una diversidad específica baja de 1,25 y 0,54, respectivamente; realizando un análisis comparativo entre las dos áreas se observó que bosque montano posee un ligero incremento en comparación con el plantación forestal, la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis indicó que existen diferencias significativas en la diversidad de la comunidad de plántulas emergentes provenientes de bosque montano y de la plantación forestal ($k_w = 5,96$, $df=1$, $p=0,0249$).

Respecto al índice de equitatividad de Pielow en bosque montano (ver Anexo 6) y plantación forestal (ver Anexo 8) reflejó un área heterogénea en abundancia con 0,28 y 0,13; respectivamente, lo que quiere decir que plantación forestal presenta mayor homogeneidad.

4.3. Difusión de resultados a actores interesados

Se realizó un póster científico que fue presentado en el II Congreso Ecuatoriano de Restauración en la ciudad de Cuenca en conjunto con los resultados de la segunda etapa del proyecto de semillas que viene desarrollándose bajo la dirección de la Ing. Johana Muñoz en el PUEAR.

Banco de semillas y su potencial uso para la restauración de un bosque montano

Muñoz Johana^{1,2}, Carrera G¹, Quichimbo L¹, Aguirre Z., Hildrebrandt P.², Mosandl R.*²,
¹Universidad Nacional de Loja, Carrera de Ingeniería Forestal ²Technische Universität München

Introducción

Las semillas representan el primer eslabón en el ciclo de regeneración de cualquier comunidad vegetal, sin este punto de inicio biológico no es posible la persistencia indefinida de la vegetación (López et al., 2006). El banco de semillas del suelo (BSS) representa una colección de semillas viables que permanecen latentes hasta que las condiciones del ambiente y la madurez fisiológica de la semilla son propicias para su germinación (Harper, 1977). Estudiar el BSS brinda información acerca del estado de la sucesión vegetal, de las especies potencialmente capaces de reemplazar a las existentes y del tipo de especies que componen la vegetación presente y circundante lo que permitirá planear y dirigir mejor los esfuerzos de restauración. El principal objetivo fue identificar la riqueza y abundancia de las especies que componen el BSS utilizando los métodos estándar de separación de semillas y de germinación en un bosque montano del Parque Universitario de la ciudad de Loja.

Metodología

El Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación "Francisco Vivar Castro" (PUEAR), se encuentra ubicado en el sur del Ecuador, cantón Loja, en un rango altitudinal de 2130 a 2520 msnm. Entre las coordenadas geográficas: 79° 11' 07" y 79° 12' 03" Longitud Oeste; 04° 01' 37" y 04° 02' 02" Latitud Sur (Fig. 1)

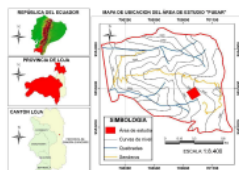


Fig. 1. Parque Universitario de Educación Ambiental Y Recreación "Francisco Vivar Castro" (Áreas experimentales)

Area de estudio: Bosque Montano (BM), 25 subparcelas 20 m x 20 m, en 1 ha respectivamente.

Muestreo: 20 sitios de muestreo, se colectaron dos muestras de los 10 cm más superficiales del suelo usando un cilindro de metal de 15 cm de alto y 10 cm de diámetro.

Método de separación de semillas -MSS: Lavado de las muestras usando tamices con diferentes aperturas de mallas, posterior secado.

Método de germinación-MG: Las muestras se colocaron en bandejas de 15 cm de diámetro preparadas con una capa de arena estéril y se mantuvieron bajo riego y luz natural por 15 semanas. Revisión a intervalos de tres días para observar germinación

Análisis de resultados: Riqueza y abundancia de especies y plántulas. Prueba de Ji Cuadrada.



Esquema general de los pasos metodológicos realizados a nivel de laboratorio.

Agradecimiento

Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación por el financiamiento económico. A los estudiantes de los quintos ciclos (Mar -Sep 2018) de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja. Un agradecimiento especial a Cristian Contento, Yadiria Peralta, Klever Azanza y Johana Rueda por el apoyo brindado en el monitoreo de las semillas.

Resultados

Se registraron 985 semillas de 47 especies en el Bosque Montano (BM). Al comparar los métodos el MSS muestra mayor número de especies presentes en el suelo en contraste con el MG. Tabla 1.

Tabla 1. Riqueza Observada y Calculada y porcentaje de eficiencia para cada método de evaluación del banco de semillas (MSS=método de separación de semillas; MG= método de germinación) en dos sitios del PUEAR.

SITIO	METODO	Especies Observadas	Especies Esperadas		Porcentaje de Eficiencia (%)	
			Jacknife 1	Bootstrap	Jacknife 1	Bootstrap
Bosque	MSS	47	62	55	75	89
Montano	MG	22	31	27	70	88

El número de especies registrado por cada método difirió significativamente ($p < 0.05$), a través del MSS se obtienen más del doble de especies que con el MG (Fig 2). Conjugando los registros por ambos métodos, el BSS se compone de 47 especies de las cuales el 27% (13 especies) se registraron únicamente en MSS sin especies exclusivas del MG. De las 34 especies comunes a ambos métodos, 20 difieren significativamente en su abundancia y solo *Phytolacca bogotensis* fue la especie más densa en MG. La abundancia relativa de las especies cambia acorde al método utilizado (Fig. 3).

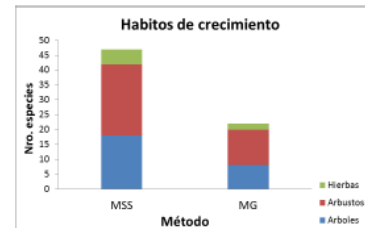


Fig 2. Habito de crecimiento de las especies identificadas en ambos Métodos.

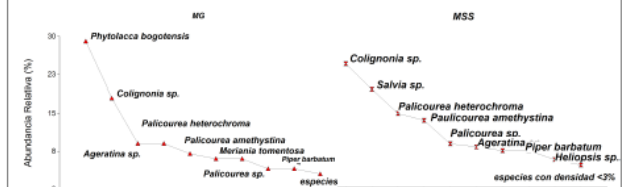


Fig 3 Gráfica de rango-abundancia relativa de las especies por método de evaluación. MSS=método de separación de semillas y MG= método de germinación.

Conclusiones

Los métodos probados muestran diferencias importantes tanto en la determinación de la composición de especies del BSS como en la abundancia. El MSS evidenció una riqueza y abundancia de semillas alta, mientras que MG mostró mayor similitud con la vegetación establecida lo cual podría asegurar la permanencia de casi el 80% de las plantas que actualmente se observan en el sitio, por ello el BSS constituye un elemento clave a considerar en los programas de restauración.

Literatura citada

- Aguirre, Z. (2001). Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por incendios forestales., 108.
- Aguirre Z., & Yaguana, C. (2014). Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro.
- Bedoya, J., Estévez, J., & Castaño, G. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales., 14(2), 77-91.
- Christoffel, P. (1998). SOIL SEED BANKS, 55, 74-78.
- Doris, J. (2010). Revisión Bibliográfica. Generalidades sobre las semillas : su producción , conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1), 7-55.
- Khaine, I., Young, S., Id, W., Id, M. K., Lee, S. H., Je, S. M., ... Kim, J. (2018). Factors Affecting Natural Regeneration of Tropical Forests across a Precipitation Gradient in Myanmar. Forests, 9, 1-17. <http://doi.org/10.3390/f9030143>
- Muñoz J. (2017). Regeneración Natural: una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur de Ecuador. Vol. 7(2), Julio-diciembre 2017. ISSN: 2528-7818. Revista Bosque Latinoamericano.
- Pludo M.J. y Cavero R.Y. (2005). Banco de semillas: comparación de metodologías de extracción, de densidad y de profundidad de muestreo. Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Botánica 16: 71-95.
- Simpson R.L., Leck M.A. y Parker V.T. (1989). Seed banks: general concepts and methodological issues. En Leck M.A., Parker V.T. y Simpson R.L. Eds. Ecology of Soil Seed Banks. Pp.28-50S. Academic Press, Nueva York.

5. DISCUSIÓN

Composición del banco de semillas en los diferentes estadios sucesionales del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar” (PUEAR).

El estudio realizado del banco de semillas de suelo fue importante debido a que se relaciona con la sucesión vegetal del ecosistema, pues se constituye en un reservorio de especies listas a germinar en caso de que se presente una perturbación o cuando las condiciones ambientales cambian para el inicio del proceso de sucesión de un área de estudio en este caso el PUEAR (Moscoso y Diez, 2005) .

La dispersión de semillas de los dos ecosistemas, el 75% de las especies se diseminan mediante zoocoria y anemocoria, dos factores ambientales claves que supeditan la germinación de las semillas y su permanencia en los bancos de semillas del suelo, Zamora (2018) en un estudio realizado en la Estación Científica San Francisco observó que la dispersión de semillas de las especies vegetales usualmente son dispersadas por murciélagos en un 53% y en menor cantidad por aves 29%.

En un estudio realizado por Contreras y Varela (2016) en un bosque perturbado de la Cumaca, Estado de Carabobo, Venezuela, demuestran que la dispersión de semillas es realizada un 49% por zoocoria y 27 % por anemocoria, por ello es muy importante que para comprender la ecología de las especies vegetales que se desarrollan en el PUEAR se impulse investigaciones enfocadas en el tipo de alimentación y relación de la avifauna y de mamíferos pequeños y voladores.

En cuanto al tiempo de germinación de las semillas se observó que en el PUEAR al cabo de 90 días de monitoreo se pudo constatar que el mayor número de individuos se registró hasta el monitoreo del día 70, por el contrario Trujillo y Vargas (2008) reportó germinación de plántulas hasta los 90 días en donde se alcanzó el mayor registro en abundancia. Por otra parte el índice de velocidad germinativa de los individuos que brotaron del banco de semillas del suelo mostraron que en bosque montano las especie con mayor velocidad fue *Ageratina dendroides* y la de menor *Heliopsis* sp, en cambio en plantación forestal se observó que *Phytolacca bogotensis* germinó con mayor velocidad, quizá por ello son las especies que presentaron las abundancias más altas. Es importante mencionar que no existe un estudio similar en donde se halla demostrado el índice de velocidad germinativa del banco de semillas del suelo.

Se determinó la composición florística del banco de semillas del suelo, a través de dos estadios sucesionales bosque montano y plantación forestal, en donde se evidenció que en bosque montano la composición del banco de semillas fue mayor demostrando un reservorio de semillas de 88 individuos pertenecientes a siete especies y cinco familias; esta composición es menor a los resultados de un estudio realizado en un bosque de Colombia reportado por Romero *et al.*, (2016) en donde encontraron 42 especies pertenecientes a 22 familias. Sin embargo la familia ASTERACEAE fue la más representativa en el estudio coincidiendo con la investigación presente en donde se evidencia que la familia más representativa en bosque montano fue similar; mientras que en la plantación forestal, el registro de especies se reduce considerablemente, siendo la familia más representativa PHYTOLACACEAE, un arbusto abundante en este ecosistema, a diferencia de lo presentado por Romero *et al.*, (2016).

En el estudio realizado por Acosta y Vargas (2008) en la Reserva Forestal de Cundinamarca, Colombia a través del análisis de la composición, la abundancia relativa, la densidad, la diversidad y la riqueza del banco de semillas del suelo germinable se encontró a la especie *Phytolacca bogotensis* como abundante representando el (0,38 %) en relación a uno, especie que coincide en cuanto abundancia con el estudio realizado.

En el PUEAR las especies que se identificaron en el banco de semillas del suelo fueron *Ageratina dendroides* y *Phytolacca bogotensis*, resultados similares fueron presentados por Cantillo *et al.*, (2008) en Colombia, Cundinamarca, en un bosque montano de la Reserva Forestal Cárpatos en donde se reporta como especies más abundantes del banco de semillas del suelo a *Phytolacca bogotensis*, *Carex albolutenscens*, *Digitalis purpurea*, *Borreria* sp., y *Ageratina* sp.

Ageratina dendroides es una especie catalogada como endémica y reportada en la categoría de vulnerable dentro del libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, esta especie fue reportada por Aguirre *et al.*, (2017) como un elemento arbustivo muy importante en la composición florística en el PUEAR aunque su endemismo sea nacional.

Evaluación de la diversidad de especies del banco de semillas presente en los estadios sucesionales

El banco de semillas del suelo del bosque montano es mucho más diverso debido a que se encontraron 7 especies, en cambio en plantación forestal se encontraron solo dos especies, pues a más de encontrar hierbas se reportó la presencia de especies arbustivas,

Muñoz *et al.*, (2018) al realizar la comparación de dos métodos de estudio del banco de semillas del suelo y con mayor tiempo de monitoreo (6 meses) reportó la presencia de más especies arbustivas y el reclutamiento de especies arbóreas como las del género *Cedrela*, *Inga* y *Alnus* con lo que se demuestra que existen algunas especies que necesitan mayor tiempo para germinar, además se debe de incorporar al análisis de variables como el tiempo, puesto que las épocas de lluvia y seca sin duda afectan a los procesos fisiológicos de las semillas.

La presencia de dos especies en plantación forestal podría ser el resultado de las condiciones de disturbio o de la dominancia monoespecífica de la plantación, de acuerdo con investigaciones, la densidad y la riqueza del banco de semillas en suelo varían de manera inversamente proporcional al grado de alteración del área; esto es, a medida que la alteración sea mayor, la densidad y diversidad del banco de semillas disminuyen (Velosa, 2018) lo cual explicaría los resultados encontrados y estaría en concordancia con el índice de diversidad de Shannon el cual mostró para ambos sitios una diversidad baja; 1,25 en bosque montano y 0,54 plantación forestal.

El banco de semillas de los dos tipos de ecosistemas puede considerarse como reducido por la presencia de siete especies en bosque montano y dos especies en plantación forestal los cuales están constituidos mayoritariamente por especies herbáceas. Según Sione *et al.*, (2016) en un estudio realizado en un área de bosques nativos sujeta a cambio en el uso de la tierra en Argentina menciona que los bancos de semillas del suelo evaluados estuvieron dominados por especies herbáceas, similar al estudio presente, en donde señalan que influyen el tiempo de germinación, dormancia y viabilidad en el escasos de semillas de especies arbóreas.

Esto implicaría que la sucesión en las áreas de bosque montano y plantación forestal pueda catalogarse como de baja a intermedia. Al parecer la dispersión desde los fragmentos de bosque a la vegetación de la plantación forestal es baja y está limitada principalmente a la presencia de especies herbáceas, generando que la entrada de semillas al suelo de especies arbóreas y arbustivas sea relativamente escasa. Se destaca la presencia de especies como *Muehlenbeckia tamnifolia*, *Ageratina dendroides*, especies de arbusto; esto se produce probablemente porque su crecimiento es rápido y se desarrolla bien en suelos pobres y erosionados. La razón principal podría estar asociada al impedimento de tipo físico que la plantación forestal genera para la entrada de semillas al suelo.

Además, también es posible que la predación de semillas afecte su disponibilidad en el suelo. Diversos autores han establecido que cuando el banco de semillas está dominado por plantas herbáceas, estas pueden inhibir la germinación o crecimiento de especies arbóreas o arbustivas, dando como producto una baja recuperación y diversidad del ecosistema. Sin duda, aun se requiere seguir estudiando la dinámica de los bancos de semillas del suelo y su importancia para procesos de restauración y conservación de los bosques montanos del sur del Ecuador.

6. CONCLUSIONES

- El proceso de germinación en ambos ecosistemas se desarrolló de forma diferenciada, en el bosque montano el proceso fue heterogéneo en comparación a las plantaciones forestales en donde la germinación de las plántulas se presentó de forma homogénea y constante hasta el día 79 de monitoreo.
- La composición del banco de semillas del suelo de los estadios sucesionales bosque montano y plantación forestal se caracterizó por la presencia de nueve especies que pertenecen a cinco familias siendo *Ageratina dendroides* (54 individuos) y *Phytolacca bogotensis* (47 individuos) las más abundantes.
- Las especies del banco de semillas del suelo tanto de bosque montano como de plantación forestal se caracterizan por tener un hábito de crecimiento herbáceo y arbustivo, además existe la presencia de dos especies de arbustos, exclusivos del bosque montano, de los cuales *Ageratina dendroides* es catalogada como endémica y se encuentra dentro de la lista roja de especies amenazadas bajo la categoría vulnerable.
- El banco de semillas del suelo mostró una diversidad específica baja, sin diferencias estadísticas significativas entre los dos ecosistemas, esto implicaría que la sucesión pueda catalogarse como de baja a intermedia, aspecto a considerar a la hora de realizar propuestas de manejo sostenible.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar muestreos considerando la época seca y lluviosa de la zona de estudio con el propósito de llegar a comprender como funciona el banco de semillas del suelo, para contrastar los resultados y tomando en cuenta otro factor.
- Contrastar la información con el uso de otras metodologías para la recolección de las muestras de suelo utilizando otras herramientas como palas y sin realizar el tamizado, esto ayudará en la corroboración de datos.
- Monitorear las muestras de suelo por un periodo de tiempo más largo ya que algunas semillas experimentan dormancia y empiezan a germinar en periodos más tardíos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. y Vargas, O. (2008). Banco de semillas germinable (BSG) en fragmentos de bosque altoandino.
- Aguirre, Z. y Yaguana, C. (2014). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro.
- Aguirre, Z. (2001). Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por incendios forestales., 108.
- Aguirre, Z. (2015). Métodos para medir la biodiversidad. Pág. 37-77. Loja.
- Aguirre, Z. Reyes, B. Quizhpe, W. Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa* 24(2): 543-556.
- Allauca, V. (2005). Desarrollo de la tecnología de elaboración de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) germinado fresco para aumentar el valor nutritivo del grano. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Arroyave, M. Posada, M. y Gutiérrez, M. (2014). Catálogo virtual de flora del Valle de Aburrá.
- Bedoya, J. Estévez, J. y Castaño, G. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales, 14(2), 77-91.
- Bewley, J. y Black, M. (1978). *Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination*. Springer Verlag N. Y.
- Cantillo, E. Castiblanco, V. Pinilla, D. Alvarado, C. Caracterización y valoración del potencial de regeneración del banco de semillas germinable de la Reserva Forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca).

- Christoffoleti, P. (1998). Soil seed banks. *Scientia agricola*, 55(SPE), 74-78
- Contreras, C. y Varela, C. Mecanismos de dispersión de diásporas en un bosque perturbado de la Cumanda, Estado Carabobo, Venezuela.
- Cook, R. 1980. The biology of seeds in the soil. In: Solbrig, O.T. (ed.) *Demoraohy and evolution in plant populations*. Botanical Monographs 15:107-129.
- Cronquist. A. 1982. *Introducción a la botánica*, 7ª Edición CECSA, S. A. México.
- Delgado, M. (2018). Caracterización del banco de semillas del suelo de bosque tropical estacionalmente ceso de Zapotillo.
- Doria, J. (2010). Revisión bibliográfica: Generalidades sobre las semillas : su producción , conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 74–85.
- Ebert, A. Ribeiro, L. Zanirato, A. y Brito, R. (2014). Natural Regeneration in Tropical Secondary Forest in Southern Amazonia, Brazil., (January).
- Guarnizo, C. y Villa, M. (1995). Inventario de los recursos suelo y vegetación del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “La Argelia” (PUEAR).
- Guevara, S. y Gómez, A. (1976). Determinación del contenido de semillas de una Selva Tropical de Veracruz, México.
- Harper, J. (1977). *Population Biology of Plants*. London: Academic Press. Pp. 33-111
- Henderson, C. Petersen, K. y Redak, R. (1988). Spatial and temporal in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. *Journal of Ecology* 76: 717-728.

- Hernández, R. Malkind, S. y Mora, A. (2009). Estudio del banco de semillas de un bosque húmedo montano bajo de Mérida-Venezuela., *33(33)*, 47–58
- Jumbo, L. (2013). Dinámica temporal del banco de semillas del suelo de especies herbáceas en un bosque seco del suroeste del Ecuador.
- Khaine, I. Young, Su. Kwak, M. y Lee, T. (2018). Factors Affecting Natural Regeneration of Tropical Forests across a Precipitation Gradient in Myanmar. *Forests, 9*, 1–17.
- Lemus, M. (2008). Estructura y composición del banco de semillas en diferentes estadios sucesionales del bosque tropical caducifolio en el Municipio de la Huerta, Jalisco.
- López, I. Chagollan, F. Campo, J. García, R. Contreras, I. y García, R. (2006). Ecología (Umbral Edi). México.
- Maguire, J. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergente and vigor. *Crop Sci.*, v.2, p. 176-7.
- Maia, F. y Pérez, M. (2006). Banco de semillas en el suelo. *Agriscientia*, 23 (1), 33-44.
- Mataix, J. (1999). Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales. Contribución a su conservación y regeneración.
- Minga, D. y Verdugo, A. (2017). Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca Azuay-Ecuador. (C. Ulloa, R. Ansaloni, & I. Ventosa, Eds.) (Don Bosco, Vol. 1). Azuay-Ecuador.
- Moscoso, L. y Diez, M. (2005). Banco de semillas en un bosque de roble de la cordillera central colombiana, 14.

- Muñoz, J. Carrera, G. Quichimbo, L. Aguirre, Z. Hildebrabdt, P. Mosandl, R. 2018. Póster científico: Banco de semillas y su potencial uso para la restauración de un bosque montano. En: II Congreso de Restauración Ecológica Ecuatoriano.
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural : Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador, 7(2), 130–143.
- Norden, N. (2014). Del por qué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales, 17, 247–261.
- Ponce, L. y Montalbán, H. (2005). Evaluación del banco de semillas del suelo en tres sitios en diferentes estados sucesionales en un bosque seco secundario en Nandarola, Nandaime, Granada. Trabajo de Tesis Managua, Nicaragua.
- Raurau, M. (2012). Caracterización de fuentes semilleras para uso sostenible y conservación de recursos forestales de los bosques andinos de Loja. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad, (pág. 147). Turrialba-Costa Rica.
- Romero, A. Baquero, N. y Beltrán, H. (2016). Banco de semillas en áreas disturbadas de bosque subandino en San Bernardo (Cundinamarca, Colombia), 19(2), 181–194.
- Santacruz, F. Castañeda, J. Gaspar, A. Núñez, N. y Mora, A. (2014). Rompimiento de la dormancia en semillas y propagación in vitro de *Cordia elaeagnoides* A . DC . Breaking of dormancy in seeds and in vitro propagation of. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 5(25), 84–97.
- Serrada, R. (2003). Regeneración natural: situaciones, concepto, factores y evaluación, 15, 11–15.
- Simpson, R. Leck, M. y Parker, V. (1989). Seed banks: general concepts and methodological issues.

- Sione, S. Ledesma, S. Rosenberger, L. Galliussi, R. y Sabbattini, R. (2015). Banco de semillas del suelo, en relación a dos estados sucesionales del bosque nativo en Entre Ríos, 23, 62–76.
- Sione, S. Ledesma, S. Rosenberger, L. Wilson, M. Sabbattini, R. (2016). Banco de semillas del suelo en un área de bosques nativos sujeta a cambio en el uso de la tierra (Entre Ríos, Argentina).
- Suarez, D. & Melgarejo, L. (2014). Biología y germinación de semillas. (M. Luz, Ed.) (Primera). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Trujillo, L. y Vargas, O. (2008). Bancos de semillas en bordes de bosque, 294–372.
- Van der Valk, S. 1993. Seed water content and the vulnerability of buried seeds to foraging vertebrates. *Oikos* 69: 125-132.
- Velosa, R. Dominguez, K. Perdomo, Y. (2018). Composición y diversidad del banco de semillas en áreas urbanas fragmentadas de piedemonte, Villavicencio, Colombia. *Ingenierías USBMed*. Vol. 9 (1), Pág. 86-96.
- Vera, A. (2013). Caracterización de hábitat y distribución geográfica de *Hedyosmum scabrum* (Ruiz y Pav) Solms en la provincia de Loja y Zamora Chinchipe. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Zamora, J. (2008). Dispersión de semillas por aves y murciélagos frugívoros en claros naturales del bosque montano en la estribación suroriental de los Andes del Ecuador. Universidad del Azuay.

9. ANEXOS

Anexo 1. Datos de muestras de suelo de bosque montano.

N ^o	Código	Altitud	x	y	t (°C)	vv (m/h)	h (%)	Co (%)	Ecp (cm)	P (%)	Sm
1	M1A1	2426	700987	9553633	19,05	0,8	72,4	100	3	10	0
2	M2A2	2427	700991	9553648	19,05	0,8	72,4	100	4	5	0
3	M3A3	2435	700996,1	9553649	19,05	0,8	72,4	100	4	5	0
4	M4A4	2421	700996,4	9553646	19,05	0,8	72,4	100	3	30	0
5	M5A5	2406	700997	9553637	19,05	0,8	72,4	100	4	25	0
6	M6E1	2411	701036	9553586	19,05	0,8	72,4	100	3	27	0
7	M7E2	2445	701040	9553578	19,05	0,8	72,4	100	5	2	0
8	M8E3	2418	701040	9553576	19,05	0,8	72,4	100	4	10	0
9	M9E4	2420	701033	9553561	19,05	0,8	72,4	100	5	6	0
10	M10E5	2424	701053,2	9553574	19,05	0,8	72,4	100	3	30	0
11	M11F1	2405	700977	9553633	19,05	0,8	72,4	100	15	30	0
12	M12F2	2424	700981	9553637	19,05	0,8	72,4	100	30	30	0
13	M13F3	2401	700983	9553639	19,05	0,8	72,4	100	3	10	0
14	M14F4	2402	700975	9553644	19,05	0,8	72,4	100	4	22	0
15	M15F5	2400	700969,1	9553647	19,05	0,8	72,4	100	3	20	0
16	M16I1	2426	701011,8	9553576	19,05	0,8	72,4	100	4	30	0
17	M17I2	2422	701004	9553592	19,05	0,8	72,4	100	5	18	0
18	M18I3	2415	701007	9553597	19,05	0,8	72,4	100	5	20	0
19	M19I4	2412	701000	9553590	19,05	0,8	72,4	100	2	35	0
20	M20I5	2406	700998	9553577	19,05	0,8	72,4	100	2	23	0
21	M21M1	2400	700967	9553594	19,05	0,8	72,4	100	3	5	0
22	M22M2	2408	700973	9553592	19,05	0,8	72,4	100	3	2	0
23	M23M3	2410	700977	9553581	19,05	0,8	72,4	100	5	40	0
24	M24M4	2412	700985	9553590	19,05	0,8	72,4	100	3	3	0
25	M25M5	2413	700985	9553601	19,05	0,8	72,4	100	4	10	0
26	M26O1	2400	701005	9553565	19,05	0,8	72,4	100	3	2	0
27	M27O2	2400	701010,5	9553556	19,05	0,8	72,4	100	3	20	0
28	M28O3	2407	701001,5	9553557	19,05	0,8	72,4	100	4	5	0
29	M29O4	2367	700990	9553557	19,05	0,8	72,4	100	2	25	0
30	M30O5	2409	700992	9553542	19,05	0,8	72,4	100	3	10	0
31	M31Q1	2400	700938,3	9553608	19,05	0,8	72,4	100	5	45	0
32	M32Q2	2389	700958	9553589	19,05	0,8	72,4	100	3	44	0
33	M33Q3	2393	700956	9553594	19,05	0,8	72,4	100	5	13	0
34	M34Q4	2404	700963	9553599	19,05	0,8	72,4	100	5	10	0
35	M35Q5	2404	700960	9553601	19,05	0,8	72,4	100	3	27	0
36	M36U1	2390	700940	9553605	19,05	0,8	72,4	100	5	29	0
37	M37U2	2399	700929	9553607	19,05	0,8	72,4	100	10	3	0
38	M38U3	2391	700918,7	9553592	19,05	0,8	72,4	100	3	2	0
39	M39U4	2398	700916	9553593	19,05	0,8	72,4	100	3	24	0
40	M40U5	2390	700923	9553604	19,05	0,8	72,4	100	3	15	0
41	M41Y1	2400	700969	9553522	19,05	0,8	72,4	100	3	27	0
42	M42Y2	2367	700965	9553523	19,05	0,8	72,4	100	3	14	0

Nº	Código	Altitud	x	y	t (°C)	vv (m/h)	h (%)	Co (%)	Ecp (cm)	P (%)	Sm
43	M43Y3	2369	700962,2	9553544	19,05	0,8	72,4	100	3	21	0
44	M44Y4	2384	700966,9	9553536	19,05	0,8	72,4	100	3	37	0
45	M45Y5	2375	700968	9553549	19,05	0,8	72,4	100	3	2	0

t: temperatura **vv:** Velocidad del viento **h:**humedad **Co:** Capa orgánica **Ecp:** Espesor de la capa orgánica **P:**pendiente **Sm:** Suelo mineral

Anexo 2. Datos de muestras de suelo de plantación forestal

Nº	Código	Altitud	Coordenadas		t (°C)	vv (m/h)	h (%)	Co (%)	Ecp (cm)	P (%)	Sm
			x	y							
1	M1A	2202	700107,17	9553724,54	16,22	0,6	64,7	70	3	20	0
2	M2A	2200	700107,49	9553711,59	16,22	0,6	64,7	70	3	10	0
3	M3A	2199	700100,27	9553718,42	16,22	0,6	64,7	70	3	14	0
4	M4A	2197	700094,15	9553711,59	16,22	0,6	64,7	70	3	17	0
5	M5A	2197	700094,23	9553724,73	16,22	0,6	64,7	70	3	10	0
6	M6G	2192	700086,6	9553704,54	16,22	0,6	64,7	70	2	15	0
7	M7G	2191	700086,8	9553691,63	16,22	0,6	64,7	70	2	15	0
8	M8G	2189	700079,86	9553698,42	16,22	0,6	64,7	70	2	15	0
9	M9G	2186	700073,82	9553691,44	16,22	0,6	64,7	70	2	16	0
10	M10G	2187	700073,62	9553704,22	16,22	0,6	64,7	70	2	18	0
11	M11I	2189	700087,31	9553665,16	16,22	0,6	64,7	70	3	14	0
12	M12I	2187	700086,92	9553651,12	16,22	0,6	64,7	70	3	15	0
13	M13I	2185	700079,98	9553658,34	16,22	0,6	64,7	70	3	16	0
14	M14I	2182	700073,7	9553651,36	16,22	0,6	64,7	70	3	12	0
15	M15I	2184	700073,94	9553664,77	16,22	0,6	64,7	70	2	13	0
16	M16M	2183	700067,82	9553685,67	16,22	0,6	64,7	70	4	4	0
17	M17M	2182	700066,52	9553672,5	16,22	0,6	64,7	70	2	14	0
18	M18M	2180	700060,84	9553679,32	16,22	0,6	64,7	70	3	16	0
19	M19M	2177	700053,98	9553671,16	16,22	0,6	64,7	70	2	14	0
20	M20M	2178	700054,05	9553685,36	16,22	0,6	64,7	70	2	16	0
21	M21O	2180	700068,13	9553646,06	16,22	0,6	64,7	70	3	16	0
22	M22O	2178	700067,43	9553631,59	16,22	0,6	64,7	70	2	17	0
23	M23O	2177	700061,82	9553639,52	16,22	0,6	64,7	70	3	14	0
24	M24O	2174	700053,94	9553631,48	16,22	0,6	64,7	70	2	12	0
25	M25O	2175	700054,02	9553645,44	16,22	0,6	64,7	70	3	7	0
26	M26P	2179	700045,94	9553724,18	16,22	0,6	64,7	70	2	8	0
27	M27P	2178	700046,37	9553712,06	16,22	0,6	64,7	70	3	15	0
28	M28P	2176	700040,76	9553719,05	16,22	0,6	64,7	70	2	26	0
29	M29P	2174	700033,78	9553725,67	16,22	0,6	64,7	70	3	15	0
30	M30P	2173	700034,02	9553711,44	16,22	0,6	64,7	70	2	16	0
31	M31S	2174	700047,15	9553665,16	16,22	0,6	64,7	70	3	12	0
32	M32S	2173	700047,66	9553651,48	16,22	0,6	64,7	70	2	15	0

N°	Código	Altitud	Coordenadas		t (°C)	vv (m/h)	h (%)	Co (%)	Ecp (cm)	P (%)	Sm
			x	y							
33	M33S	2171	700040,29	9553659,24	16,22	0,6	64,7	70	3	14	0
34	M34S	2169	700033,31	9553665,28	16,22	0,6	64,7	70	2	8	0
35	M35S	2170	700033,9	9553651,36	16,22	0,6	64,7	70	3	15	0
36	M36V	2170	700027,98	9553705,44	16,22	0,6	64,7	70	2	14	0
37	M37V	2169	700027,86	9553692,06	16,22	0,6	64,7	70	3	12	0
38	M38V	2167	700021,66	9553699,32	16,22	0,6	64,7	70	3	12	0
39	M39V	2165	700017,82	9553691,67	16,22	0,6	64,7	70	3	15	0
40	M40V	2166	700016,45	9553704,77	16,22	0,6	64,7	70	2	17	0
41	M41X	2168	700026,33	9553665,52	16,22	0,6	64,7	70	3	15	0
42	M42X	2169	700026,6	9553651,48	16,22	0,6	64,7	70	3	14	0
43	M43X	2166	700014,02	9553665,67	16,22	0,6	64,7	70	3	13	0
44	M44X	2167	700020,64	9553659,63	16,22	0,6	64,7	70	3	15	0
45	M45X	2167	700013,82	9553651,63	16,22	0,6	64,7	70	2	16	0

t: temperatura **vv:** Velocidad del viento **h:** humedad **Co:** Capa orgánica **Ecp:** Espesor de la capa orgánica **P:** pendiente **Sm:** Suelo mineral

Anexo 3. Descripción vegetal de bosque montano.

N°	Código	N°	Especie	DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro	
			Nombre científico							
				Familia						
1	M1A1	1	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum & K. Krause	RUBIACEAE	5,41	4	-	x	Arbóreo	x
		2	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng	CLETHRACEAE	20,26	7,66	x	-	Arbóreo	x
		3	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	SIPARUNACEAE	10,1	8	-	-	Arbóreo	x
2	M2A2	1	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	HYPERICACEAE	39,15	8	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	HYPERICACEAE	23,39	7	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	RUBIACEAE	6,36	8	-	x	Arbóreo	-
3	M3A3	1	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	RUBIACEAE	5,09	4,5	-	x	Arbóreo	x
4	M4A4	1	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	RUBIACEAE	6	9	-	x	Arbóreo	x
		2	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	RUBIACEAE	5,09	4	-	x	Arbóreo	x
5	M5A5	-							Arbóreo	-
6	M6E1	1	<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	CLUSIACEAE	12,09	6	-	x	Arbóreo	-
		2	<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	CLUSIACEAE	9,86	5	-	x	Arbóreo	-
7	M7E2	1	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	CLETHRACEAE	12,73	6	-	-	Arbóreo	x
8	M8E3	1	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	PRIMULACEAE	10,59	5	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	RUBIACEAE	5,41	4	-	-	Arbóreo	-
9	M9E4	1	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	6,84	4	-	-	Arbóreo	-
10	M10E5	1	<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana	MELASTOMATACEAE	14,32	7	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	CLETHRACEAE	11,61	5	-	-	Arbóreo	-
11	M11F1	-							Arbóreo	

N°	Código	N°	Especie		DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro
12	M12F2	-							Arbóreo	
13	M13F3	1	<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	ASTERACEAE	9,86	6,5	-	-	Arbóreo	x
		2	<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	ARALIACEAE			-	-	Arbóreo	-
14	M14F4	1	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	RUBIACEAE	21,5	6	-	-	Arbóreo	x
		2	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	HYPERICACEAE	9,23	8			Arbóreo	
15	M15F5	1	<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	ARALIACEAE	7,63	3	-	-	Arbóreo	x
		2	<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	ARALIACEAE	9,23	5	-	-	Arbóreo	x
		3	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	RUBIACEAE	9,23	5	-	-	Arbóreo	x
16	M16I1	1	<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	ARALIACEAE	9,54	6	-	-	Arbóreo	-
17	M17I2	1	<i>Monnina hirta</i> (Bonpl.) B. Eriksen	POLYGALACEAE	5,82	4	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	PRIMULACEAE	8,27	5	-	-	Arbóreo	x
18	M18I3	1	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	6,52	5	x	-	Arbóreo	-
19	M19I4	1	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	15	6	-	x	Arbóreo	-
20	M20I5	1	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	6,84	4	x	-	Arbóreo	x
		2	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	ACTINIDIACEAE	6,36	6	-	x	Arbóreo	x
21	M21M1	1	<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	CHLORANTHACEAE	14	6	-	-	Arbóreo	x
		2	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	9,23	6	-	-	Arbóreo	x
22	M22M2	1	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	LAURACEAE	10,66	10	x	-	Arbóreo	x
		2	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	20,21	4	x	x	Arbóreo	x
		3	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	PRIMULACEAE	5,09	7	-	-	Arbóreo	-
		4	<i>Morus insignis</i> Bureau	MORACEAE	7,95	5	-	-	Arbóreo	-
23	M23M3	-	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	-
24	M24M4	1	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	ADOXACEAE	5,09	4,5	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	MELASTOMATAACEAE	6,12	4	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	ARALIACEAE	13,3	5,2	-	-	Arbóreo	-

N°	Código	N°	Especie	DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro
25	M25M5	-	-	-	-	-	-	Arbóreo	-
26	M26O1	1	<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	CLUSIACEAE	5	5	-	Arbóreo	-
		2	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	ACTINIDIACEAE	14,64	10	-	Arbóreo	x
27	M27O2	1	<i>Rhamnus granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Weberb. ex M.C. Johnst.	RHAMNACEAE	14	6	x	Arbóreo	-
		2	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	LAURACEAE	8,27	8	-	Arbóreo	-
		3	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	LAURACEAE	9,86	7	-	Arbóreo	-
28	M28O3	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	34,37	13	-	Arbóreo	-
		2	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz y Pav.) DC.	RUBIACEAE	13,36	5	x	Arbóreo	-
		3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	36,6	9	-	Arbóreo	-
29	M29O4	1	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	LAURACEAE	9,07	7	-	Arbóreo	-
		2	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	ROSACEAE	17,98	10	-	Arbóreo	-
30	M30O5	1	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	LAURACEAE	12,89	7	-	Arbóreo	-
		2	<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	ARALIACEAE	7,79	7	-	Arbóreo	-
		3	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	ROSACEAE	9,54	5	-	Arbóreo	-
31	M31Q1	1	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	URTICACEAE	22	3,4	-	Arbóreo	x
32	M32Q2	1	<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	ACTINIDIACEAE	10,18	5	-	Arbóreo	-
33	M33Q3	1	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	URTICACEAE	6,36	5	-	Arbóreo	-
34	M34Q4	1	<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	CLETHRACEAE	7	4	-	Arbóreo	-
35	M35Q5	1	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz y Pav.) DC.	RUBIACEAE	5,8	3,3	-	Arbóreo	-
36	M36U1	1	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	URTICACEAE	8,5	6	-	Arbóreo	-
37	M37U2	1	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	PRIMULACEAE	10	5	-	Arbóreo	-
38	M38U3	1	<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	CHLORANTHACEAE	10	5	-	Arbóreo	x
		1	<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	CHLORANTHACEAE	8,43	6	-	Arbóreo	x
39	M39U4	1	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	URTICACEAE	10	6	-	Arbóreo	x
		2	<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	CHLORANTHACEAE	9,54	8	-	Arbóreo	x
40	M40U5	1	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	URTICACEAE	15	9	-	Arbóreo	x

N°	Código	N°	Especie	DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro	
41	M41Y1	2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	11	13	-	x	Arbóreo	x
		1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19,57	8	-	-	Arbóreo	x
		2	<i>Clusia elliptica</i> Kunth	CLUSIACEAE	5,41	3	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	MELASTOMATACEAE	16,71	6	-	-	Arbóreo	x
42	M42Y2	4	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	PRIMULACEAE	6,49	8	-	-	Arbóreo	x
		1	<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana	MELASTOMATACEAE	5	5	-	-	Arbóreo	x
		2	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	RUBIACEAE	3	3	-	-	Arbóreo	x
43	M43Y3	3	<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana	MELASTOMATACEAE	12,25	6,5	-	-	Arbóreo	x
		1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	27,53	11	-	x	Arbóreo	-
44	M44Y4	2	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	ARALIACEAE	5,5	4	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	CHLORANTHACEAE	4	4,5	-	-	Arbóreo	x
45	M45Y5	-	-	-	-	-	-	-	-	

Anexo 4. Descripción vegetal de las muestras de suelo de plantación forestal.

Código	N°	Especie	DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro		
		Nombre científico	Familia							
1	M1A	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	35	18	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	38	21	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	36	19	-	-	Arbóreo	-
2	M2A	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	34	20	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	8	-	-	Arbóreo	-
3	M3A	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	17	6	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	23	18	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	35	21	-	-	Arbóreo	-
4	M4A	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	7	-	-	Arbóreo	-

Código	N°	Especie		DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro
	2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	15	6	-	-	Arbóreo	-
	3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	19	-	-	Arbóreo	-
	4	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	16	-	-	Arbóreo	-
5	M5A	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	18	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	17	-	-	Arbóreo	-
	3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	18	-	-	Arbóreo	-
6	M6G	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	16	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	18	-	-	Arbóreo	-
7	M7G	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	19	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	21	-	-	Arbóreo	-
8	M8G	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	31	18	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	24	18	-	-	Arbóreo	-
	3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	33	17	-	-	Arbóreo	-
9	M9G	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	17	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	38	18	-	-	Arbóreo	-
	3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	8	-	-	Arbóreo	-
	4	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	14	7	-	-	Arbóreo	-
10	M10G	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	24	19	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	19	-	-	Arbóreo	-
	3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	25	18	-	-	Arbóreo	-
11	M11I	1 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	21	8	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	21	-	-	Arbóreo	-
	3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	6	-	-	Arbóreo	-
12	M12I	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	21	-	-	Arbóreo	-
	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	18	-	-	Arbóreo	-
	3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	17	8	-	-	Arbóreo	-
13	M13I	1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	22	19	-	-	Arbóreo	-

Código	Nº	Especie		DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro	
14	M14I	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	20	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	19	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	21	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	22	-	-	Arbóreo	-
15	M15I	3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	7	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	23	18	-	-	Arbóreo	-
16	M16M	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	21	19	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	18	-	-	Arbóreo	-
17	M17M	2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	17	8	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	22	-	-	Arbóreo	-
18	M18M	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	21	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	22	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	19	22	-	-	Arbóreo	-
19	M19M	2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	16	7	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	8	-	-	Arbóreo	-
20	M20M	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	22	18	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	21	19	-	-	Arbóreo	-
21	M21O	2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	7	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	7	-	-	Arbóreo	-
22	M22O	2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	8	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	8	-	-	Arbóreo	-
23	M23O	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	22	19	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	19	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	21	-	-	Arbóreo	-
24	M24O	2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	20	-	-	Arbóreo	-
		1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	17	8	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	21	-	-	Arbóreo	-

Código	N°	Especie		DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro	
25	M25O	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	15	7	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	21	19	-	-	Arbóreo	-
26	M26P	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	23	18	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	34	21	-	-	Arbóreo	-
27	M27P	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	20	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	16	7	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	6	-	-	Arbóreo	-
28	M28P	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	19	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	21	-	-	Arbóreo	-
29	M29P	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	21	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	8	-	-	Arbóreo	-
30	M30P	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	19	-	-	Arbóreo	-
31	M31S	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	18	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	21	-	-	Arbóreo	-
32	M32S	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	6	-	-	Arbóreo	-
33	M33S	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	8	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	25	18	-	-	Arbóreo	-
34	M34S	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	18	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	24	-	-	Arbóreo	-
35	M35S	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	7	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	25	19	-	-	Arbóreo	-
36	M36V	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	21	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	20	-	-	Arbóreo	-
37	M37V	1	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	23	19	-	-	Arbóreo	-
		2	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	7	-	-	Arbóreo	-
		3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	18	8	-	-	Arbóreo	-
38	M38V	1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	9	-	-	Arbóreo	-

Código	N°	Especie		DAP	Altura	Flor	Fruto	Estrato	Herbívoro
39	M39V	2 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	22	-	-	Arbóreo	-
		1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	29	23	-	-	Arbóreo	-
40	M40V	2 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	19	-	-	Arbóreo	-
		1 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	14	7	-	-	Arbóreo	-
41	M41X	2 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	27	19	-	-	Arbóreo	-
		1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	25	22	-	-	Arbóreo	-
42	M42X	2 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	28	26	-	-	Arbóreo	-
		1 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	26	23	-	-	Arbóreo	-
43	M43X	2 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	8	-	-	Arbóreo	-
		1 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	MYRTACEAE	28	23	-	-	Arbóreo	-
44	M44X	2 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	17	7	-	-	Arbóreo	-
		1 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	8	-	-	Arbóreo	-
45	M45X	2 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	MYRTACEAE	21	19	-	-	Arbóreo	-
		1 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	19	7	-	-	Arbóreo	-
		2 <i>Alnus acuminata</i> Kunth	BETULACEAE	21	8	-	-	Arbóreo	-

Anexo 5. Datos de índice de Shannon de bosque montano.

Especie	Nº/ha	Pi	Ln Pi	pi*LnPi
<i>Phytolacca bogotensis</i>	16	0,18	-1,70474809	0,31
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	5	0,06	-2,8678989	0,16
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill	2	0,02	-3,78418963	0,09
<i>Ageratina</i> sp.	54	0,61	-0,48835277	0,30
<i>Colignonia</i> sp.	4	0,05	-3,09104245	0,14
<i>Heliopsis</i> sp.	2	0,02	-3,78418963	0,09
<i>Salvia</i> sp.	5	0,06	-2,8678989	0,16
Total de especies	88	1,00		1,25

Anexo 6. Datos de Índice de Equitatividad de bosque montano.

Especie	Nº de individuos	Índice de Shannon	Índice de equitatividad
<i>Phytolacca bogotensis</i>	16		0,279183821
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i>	5		
<i>Gnaphalium americanum</i>	2		
<i>Ageratina</i> sp.	54		
<i>Colignonia</i> sp.	4		
<i>Heliopsis</i> sp.	2		
<i>Salvia</i>	5		
Total de especies	88	4,48	

Anexo 7. Datos de índice de Shannon de plantación forestal.

Especie	Nº/ha	Pi	Ln Pi	pi*LnPi
<i>Phytolacca bogotensis</i>	47	0,77	-0,26072626	0,20
<i>Ageratina</i>	14	0,23	-1,47181653	0,34
	61			0,54

Anexo 8. Datos de índice de equitatividad de plantación forestal.

Especie	Nº/ha	Índice de Shannon	Índice de equitatividad
<i>Phytolacca bogotensis</i>	47	0,54	0,13
<i>Ageratina</i>	14		
	61	4,110873864	

Anexo 9. Análisis estadístico.

Nueva tabla : 17/12/2018 - 10:29:33 - [Versión : 02/03/2018]

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Sitio	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Ind	BM	45	1,96	3,37	1,00	1,89	0,1222
Ind	PF	45	1,36	2,59	0,00		

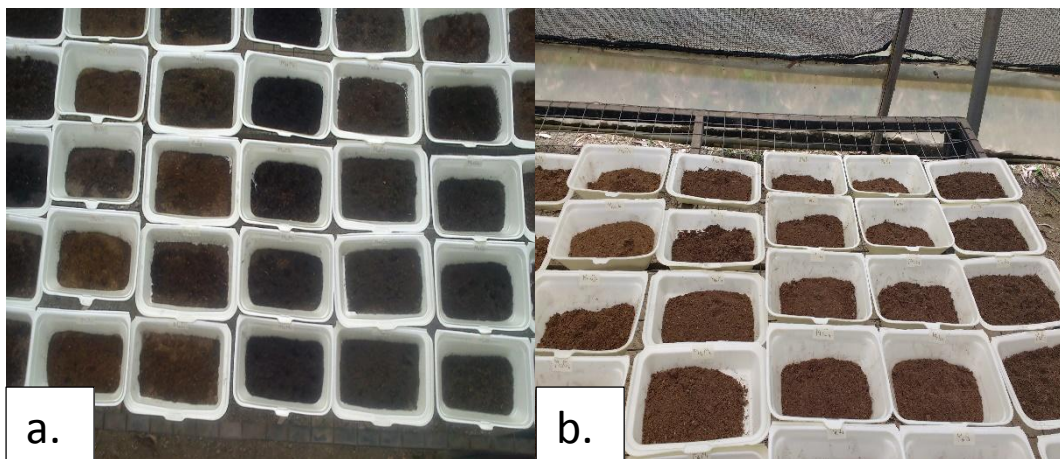
Variable	Sitio	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Sp	BM	45	0,84	1,02	1,00	3,14	0,0451
Sp	PF	45	0,44	0,72	0,00		

Trat.	Medias	Ranks
PF	0,44	40,62 A
BM	0,84	50,38 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

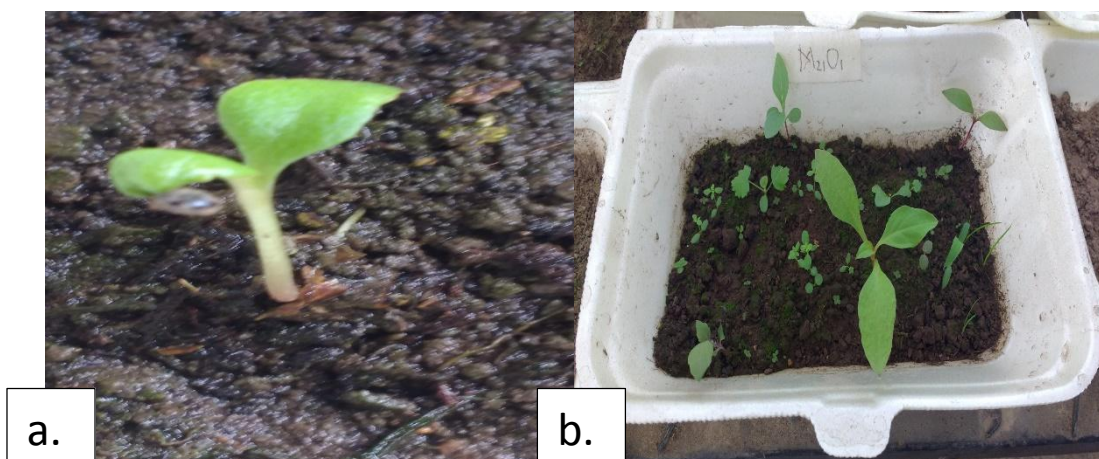
BM: Bosque montano PF: Plantación forestal

Anexo 10. Muestras de sustrato en bandejas.



El anexo indica: a) Muestras de sustrato de bosque montano y b) muestras de sustrato de plantacion forestal.

Anexo 11. Individuos



El anexo indica: a) Individuo de bosque montano y b) individuos de plantación forestal.