



Universidad  
Nacional  
**de Loja**

Universidad Nacional de Loja  
Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables  
Carrera Ingeniería Forestal

“Banco de semillas del suelo y su relación con variables físicas en dos tipos de cobertura vegetal en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador”

Tesis de grado previa a la  
obtención del título de Ingeniera  
Forestal

**AUTORA:**

Erendida Marivi Fernández Guerrero

**DIRECTORA:**

Ing. Johana Muñoz Chamba Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2022

## Certificación de tesis

Loja, 30 de septiembre de 2021

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

**DIRECTORA DE TESIS**

### CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración de tesis de grado titulado: **“Banco de semillas del suelo y su relación con variables físicas en dos tipos de cobertura vegetal en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador”** de autoría de la estudiante **Erendida Marivi Fernández Guerrero**, previa a la obtención del título de Ingeniera Forestal, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Atentamente,



Firmado digitalmente por:  
**JOHANA  
CRISTINA MUNOZ  
CHAMBA**

---

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

**DIRECTORA DE TESIS**

## **Autoría:**

Yo, **Erendida Marivi Fernández Guerrero**, declaro se la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y 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 Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**ERENDIDA MARIVI  
FERNANDEZ  
GUERRERO**

Cédula de Identidad: 1900788579

Fecha: Loja, 02 de Febrero del 2022

Correo electrónico: erendida.fernandez@unl.edu.ec

Celular: 0997349599

**Carta de autorización de tesis por parte del autor (a) para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo**

Yo, Erendida Marivi Fernández Guerrero, declaro ser autora de la tesis titulada: “**Banco de semillas del suelo y su relación con variables físicas en dos tipos de cobertura vegetal en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador**”, como requisito para optar el grado de: Ingeniería 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 dos días del mes de febrero del dos mil veintidos.

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**ERENDIDA MARIVI  
FERNANDEZ  
GUERRERO**

Autora: Erendida Marivi Fernández Guerrero

Cédula: 1900788579

Dirección: Ciudad de Loja: Calles Avenida Reinaldo Espinoza y Teodoro Wolf

Correo electrónico: erendidafer.13@gmail.com

Teléfono: s/n

Celular: 09977349599

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Tribunal de Grado: Ing. Zhofre Humerto Aguirre Mendoza Ph. D.

Ing Natalia Soledad Samaniego Rojas Mg.Sc.

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

*El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios porque gracias a él he concluido esta meta al brindarme la sabiduría y salud para finalizar este trabajo.*

*A mi amada madre Irma Guerrero por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y motivación, por ser mi ejemplo de constancia, fuerza y superación, inculcando en mí los valores de honradez, honestidad, respeto, humildad y perseverancia, porque juntas estamos logrando este sueño, te amo.*

*A mis hermanos Katerinn, Jailine y Dadil por ser mi fortaleza y mi mayor riqueza, a Joselito J. por estar presente siempre sin importar la situación.*

*A mi angelito, mi amor eterno y el amor de mi vida, mi padre Manuel Aurelio Fernández quien nunca me ha dejado sola, aunque no esté físicamente siempre me guía y acompaña por el camino de la vida, sé que estás orgulloso de mí.*

*A mi familia y amigos por contribuir a la cristalización de esta etapa.*

**Con amor...**

**Erendida Marivi Fernández Guerrero**

## **Agradecimiento**

*Quiero iniciar agradeciendo a Dios por todas y cada de sus bendiciones a lo largo de mi vida, al permitirme culminar esta etapa maravillosa. A mi familia quienes de manera directa o indirecta me han apoyado para finalizar mi formación profesional.*

*A la Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Renovables y a la gloriosa carrera de Ingeniería Forestal por permitirme formar parte de esta maravillosa institución, a los docentes por todos los conocimientos brindados en el salón de clases, por sus experiencias compartidas y por sus palabras de motivación. Al ing. Jaime Peña técnico del herbario “Reinaldo Espinoza” por su gran apoyo durante el proceso de identificación de especies para este trabajo de investigación.*

*Un agradecimiento especial a la Ing. Johana Muñoz, directora de tesis, por su paciencia, confianza, dirección y apoyo incondicional durante mi formación profesional, al Ing. Victor Hugo Eras Guamán por la motivación recurrente durante los cinco años de carrera universitaria, palabras que siempre llevaré presente y de manera especial al Ing. Hector Zhiñin por todo su amistad, apoyo y enseñanzas.*

*A mi complemento perfecto y compañero de vida Julio Martínez por nunca dejarme sola en ninguna situación, por apoyarme, motivarme y amarme, a mis compañeros de clase, en especial a Guadalupe, Orlando y Jonathan quienes se convirtieron en mis hermanos de vida, gracias por todas las risas, llantos, experiencias, consejos y su eterna amistad; a mis tías Marcia Enríquez y Lidia Guerrero por ese apoyo constante para que su “churitos” finalice su anhelo profesional y a mi mejor amiga Isabel Camacho por su grata compañía en nuestra vida foránea.*

*Finalmente, mi eterno agradecimiento a mi familia Joselito, Katerinn, Jailine y Dadil por estar a mi lado en cada caída ayudándome a levantar para continuar, por su amor incondicional sin importar las adversidades de la vida, por su apoyo constante y por las palabras de aliento en el momento preciso.*

**Gracias**

**Erendida Marivi Fernández Guerrero**

## Índice

Carátula .....	i
Certificación del director de tesis .....	ii
Autoría: .....	iii
Carta de autorización .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice de contenidos .....	vii
1. Título .....	1
2. Resumen .....	2
2.1. Abstract.....	4
3. Introducción .....	5
4. Marco teórico.....	7
4.1. Parque Universitario Francisco Vivar Castro (PUFVC).....	7
4.1.1. Coberturas vegetales del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	7
4.1.2. Suelos del PUFVC .....	8
4.2. Bancos de semilla del suelo .....	9
4.2.1. Tipos de bancos de semillas del suelo .....	10
4.2.2. Formación del banco de semillas del suelo.....	10
4.2.3. Fuentes del banco de semillas del suelo.....	11
4.2.4. Persistencia y dormancia de banco de semillas del suelo.....	11
4.2.5. Dinámica de la población del banco de semillas del suelo .....	12
4.2.6. Importancia del banco de semillas en el proceso de recuperación de la vegetación natural .....	12

4.2.7.	<i>Muestreo de los bancos de semillas</i> .....	13
4.3.	La semilla.....	14
4.3.1.	<i>Partes de semilla</i> .....	14
4.3.2.	<i>Tipos de semilla</i> .....	15
4.3.3.	<i>Tipos de dispersión de semillas</i> .....	15
4.3.4.	<i>Latencia de las semillas</i> .....	16
4.3.5.	<i>Germinación de la semilla</i> .....	16
4.4.	Índices de diversidad.....	16
4.4.1.	<i>Índice de diversidad de Shannon (H')</i> .....	16
4.4.2.	<i>Índice de equitatividad de Pielow (E)</i> .....	17
4.4.3.	<i>Índice de similitud de Sorensen (Ks)</i> .....	18
4.5.	Análisis multivariado.....	18
4.5.1.	<i>Análisis multivariado de Componentes Principales (ACP)</i> .....	18
4.5.2.	<i>Ventajas del método multivariado Análisis de Componentes Principales (ACP)</i> .....	19
4.6.	Estudios de bancos de semillas del suelo en la región sur de Ecuador .....	19
5.	Metodología.....	21
5.1.	Ubicación del área de estudio .....	21
5.2.	Metodología para la determinación de la composición florística del banco de semillas del suelo de los ecosistemas del bosque montano y plantaciones forestales de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill y <i>Pinus radiata</i> D. Don .....	22
5.2.1.	<i>Selección de los sitios de muestreo</i> .....	22
5.2.2.	<i>Recolección de las muestras del banco de semillas del suelo</i> .....	22
5.2.3.	<i>Procesamiento de las muestras</i> .....	24



5.2.4.	<i>Monitoreo de las muestras de suelo</i> .....	24
5.2.5.	<i>Identificación de especies del banco de semillas del suelo</i> .....	25
5.2.6.	<i>Procesamiento de los datos colectados</i> .....	26
5.2.6.1.	Índice de Diversidad de Shannon (H). .....	26
5.2.6.2.	Índice de equitatividad de Pielow (E). .....	26
5.2.6.3.	Índice de similitud de Sorensen (Ks).....	26
5.3.	Metodología para analizar la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en el bosque montano y plantaciones forestales de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill y <i>Pinus radiata</i> D. Don .....	27
6.	Resultados.....	28
6.1.	Composición florística del bosque montano y plantaciones forestales a partir de la colección de bancos de semillas del suelo .....	28
6.1.1.	<i>Banco de semillas del suelo del bosque montano</i> .....	28
6.1.1.1.	Composición florística de la capa orgánica del banco de semillas del suelo del bosque montano del PUFVC. ....	28
6.1.1.2.	Composición florística de la capa mineral del banco de semillas del suelo del Bosque Montano. ....	30
6.1.2.	<i>Banco de semillas del suelo de las plantaciones forestales</i> .....	31
6.1.2.1.	Composicion del banco de semillas del suelo de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	31
6.1.2.1.1.	<i>Composición florística de la capa orgánica del banco de semillas del suelo de la plantación de Eucalyptus globulus Labill.</i> .....	32
6.1.2.1.2.	<i>Composición florística de la capa mineral del banco de semillas del suelo de la plantación de Eucalyptus globulus Labill.</i> .....	33
6.1.2.2.	Banco de semillas del suelo de la plantación de <i>Pinus radiata</i> D. Don. ....	34

6.1.1.2.1. <i>Composición florística de la capa orgánica del banco de semillas del suelo de la plantación de Pinus radiata D. Don</i> .....	34
6.1.2.2.2. <i>Composición florística de la capa mineral del banco de semillas del suelo de la plantación de Pinus radiata D. Don</i> .....	35
6.1.3. <i>Diversidad del banco de semillas del suelo en el bosque montano y plantaciones forestales de Eucalyptus globulus Labill y Pinus radiata D. Don</i> .....	36
6.1.4. <i>Similitud de la germinación de los bancos de semilla del bosque montano y las plantaciones forestales de Eucalyptus globulus Labill y Pinus radiata D. Don</i> .....	36
6.2. Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal .....	37
6.2.1. <i>Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo de la capa orgánica</i> .....	37
6.2.2. <i>Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo de la capa mineral</i> .....	40
7. Discusiones .....	42
7.1. Composición florística del bosque montano y plantaciones forestales a partir de la colección de bancos de semillas del suelo .....	42
7.1.1. <i>Composición florística del banco de semillas del suelo</i> .....	42
7.1.2. <i>Diversidad del banco de semillas del suelo</i> .....	43
7.2. Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal .....	44
8. Conclusiones .....	46
9. Recomendaciones .....	47
10. Bibliografía.....	48
11. Anexos .....	56

## Índice de figuras

	Página
Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro del “Parque Universitario Francisco Vivar Castro” en la provincia de Loja, Ecuador.....	21
Figura 2. Puntos donde se tomaron las muestras dentro de las parcelas.....	23
Figura 3. a) Tamizaje b) Disposición del sustrato en bandejas c) Etiquetado de muestras...24	
Figura 4. a) Germinación de semillas b) Aparición de los folíolos c) Crecimiento de las plántulas.....	25
Figura 5. Sistema de recolección de datos en las bandejas de espuma flex .....	25
Figura 6. Árboles, arbustos, hierbas y morfoespecies del banco de semillas del suelo de la plantación del bosque montano del PUFVC .....	28
Figura 7. Arbustos, hierbas y enredaderas del banco de semillas del suelo de la plantación de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill del PUFVC.....	31
Figura 8. Arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo de la plantación de <i>Pinus radiata</i> D. Don del PUFVC .....	34
Figura 9. Gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP) de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para la capa orgánica.....	39
Figura 10. Gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP) de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para la capa mineral.....	41

## Índice de tablas

	Página
Tabla 1. Interpretación del índice de Shanon .....	17
Tabla 2. Interpretación del índice de equitatividad.....	17
Tabla 3. Hoja de campo para la extracción de muestras de suelo.....	23
Tabla 4. Árboles, arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo de la capa orgánica del bosque montano.....	29
Tabla 5. Árboles, arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo mineral del bosque montano .....	30
Tabla 6. Arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo de la capa orgánica de la plantación de Eucalyptus globulus Labill .....	32
Tabla 7. Arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo mineral de la plantación de Eucalyptus globulus Labill .....	33
Tabla 8. Arbustos y hierbas del banco de semillas de la capa orgánica de la plantación Pinus radiata D Don .....	34
Tabla 9. Arbustos, hierbas y enredaderas del banco de semillas del suelo de la capa orgánica de la plantación de Pinus radiata D. Don.....	35
Tabla 10. Diversidad de especies del banco de semillas del suelo del PUFVC.....	36
Tabla 11. Índice de similitud de Sorensen de las semillas germinadas de los bancos del bosque montano y las plantaciones de pino y eucalipto .....	37

## Índice de anexos

	Página
Anexo 1. Datos de muestras de suelo del bosque montano del PUFVC. ....	56
Anexo 2. Datos de muestras de suelo de la plantación de pino del PUFVC. ....	58
Anexo 3. Datos de muestras de suelo de la plantación de eucalipto del PUFVC.....	60
Anexo 4. Datos de índice de Shannon de bosque montano .....	62
Anexo 5. Datos de índice de equitatividad del bosque montano.....	63
Anexo 6. Datos de índice de Shannon de plantación de <i>E. globulus</i> .....	64
Anexo 7. Datos de índice de equitatividad de la plantación de <i>E. globulus</i> .....	65
Anexo 8. Datos de índice de Shannon de plantación de <i>P. radiata</i> .....	66
Anexo 9. Datos de índice de equitatividad de la plantación de <i>P radiata</i> .....	67
Anexo 10. Índice de similitud de Sorensen del banco de semillas del bosque montano y plantaciones .....	68
Anexo 11. Registro fotográfico del bosque montano bajo del PUFVC .....	70
Anexo 12. Registro fotográfico de las plantaciones de Eucalipto y Pino .....	72
Anexo 13. Toma de muestras y registro de variables ambientales .....	74
Anexo 14. Código en R utilizado para la obtención del gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP), de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para el sustrato. ....	75
Anexo 15. Código en R utilizado para la obtención del gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP), de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para el mantillo.....	77

**“Banco de semillas del suelo y su relación con variables físicas en dos tipos de cobertura vegetal en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador”**

## 2. Resumen

Los bosques montanos, son considerados como sitios de concentración de biodiversidad, donde muchos procesos ecológicos requieren ser investigados, como los bancos de semillas del suelo (BSS). Este reservorio es de importancia ya que las semillas que se encuentran contenidas son capaces de mantenerse viables por periodos largos de tiempo y conseguir germinar cuando las condiciones ambientales sean favorables para su desarrollo, sin embargo, la información sobre estos procesos es aún limitada y se requiere comprender su composición, estructura y dinámica. En tal virtud, se estudió el banco de semillas del suelo y su relación con variables físicas en dos tipos de cobertura vegetal en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, con el objetivo de conocer el banco de semillas del suelo en bosque nativo y plantaciones forestales. El estudio se realizó en dos fases, para el bosque montano se continuó el seguimiento (segunda fase) por un periodo de tres meses adicionales a los monitoreados en un estudio previo; mientras que, para las muestras provenientes de las plantaciones, se desarrolló entre enero a julio del 2020. Se utilizó las unidades de muestreo (parcelas) instaladas por González en el 2019, para el caso de la plantación de *Pinus radiata* y, para la plantación de *Eucalyptus globulus* se llevó a cabo en las parcelas implementadas por Espinoza en el 2019; se extrajeron 50 muestras de la capa orgánica y mineral respectivamente, posterior fueron colocadas en bandejas de espuma flex; se monitoreó por un periodo de 180 días; la identificación botánica de las especies se realizó en el Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja; para realizar el análisis de relación entre las variables físicas y BSS en el bosque montano y las plantaciones forestales del PUFVC, se utilizó estadística multivariada mediante un análisis de componentes principales (ACP), con el software estadístico R Studio en su paquete VEGAN. En el bosque montano germinaron 1 112 individuos pertenecientes a 38 especies y 28 familias; en la plantación de *E. globulus* 233 individuos de 25 especies de 13 familias; y en la plantación de *P. radiata* con 68 individuos de 18 especies y 14 familias. El banco de semillas del bosque montano tuvo un índice de Shannon y Pielow de 2,76 y 0,40 respectivamente, mientras que en las plantaciones de Eucalipto se obtuvo 2,63 para el índice de Shannon y 0,43 para la equitatividad Pielow; para la plantación de pino 2,52 el índice de Shannon y 0,60 Pielow. El ACP, mostró que la luz, influye significativamente en la germinación de los BSS, también, la altitud ya que es un factor fisiográfico determinante en la variación de la riqueza y composición de especies. El banco de semillas del suelo del bosque montano presentó el mayor número de individuos, especies y familias, mientras que las plantaciones forestales presentaron menores valores, por lo que el tipo de cobertura influye en la diversidad florística futura de remanentes vegetales. Y las variables físicas altitud y luz son factores determinantes para la germinación de los BSS de las coberturas analizadas.

**Palabras clave:** Banco de semillas del suelo, análisis multivariado, composición florística, Análisis de Componentes Principales, bosque andino.



## 2.1. Abstract

Montane forests are considered as sites of biodiversity concentration, where many ecological processes need to be investigated, such as soil seed banks (BSS). This reservoir is important because the seeds contained therein are able to remain viable for long periods of time and germinate when environmental conditions are favorable for their development; however, information on these processes is still limited and it is necessary to understand their composition, structure and dynamics. Therefore, the soil seed bank and its relationship with physical variables was studied in two types of vegetation cover in the "Francisco Vivar Castro" University Park, with the objective of understanding the soil seed bank in native forest and forest plantations. The study was carried out in two phases, for the montane forest the monitoring was continued (second phase) for a period of three additional months to those monitored in a previous study; while, for the samples from the plantations, it was developed from January to July 2020. The sampling units (plots) installed by González in 2019 were used for the *Pinus radiata* plantation, and for the *Eucalyptus globulus* plantation, it was carried out in the plots implemented by Espinoza in 2019; 50 samples were extracted from the organic and mineral layer, respectively, and then placed in flex foam trays; they were monitored for a period of 180 days; The botanical identification of the species was carried out in the "Reinaldo Espinosa" Herbarium of the National University of Loja; to analyze the relationship between the physical variables and BSS in the montane forest and the forest plantations of the PUFVC, multivariate statistics were used through a principal component analysis (PCA), with the statistical software R Studio in its VEGAN package. In the montane forest, 1,112 individuals belonging to 38 species and 28 families germinated; in the *E. globulus* plantation, 233 individuals of 25 species of 13 families; and in the *P. radiata* plantation, 68 individuals of 18 species and 14 families. The seed bank of the montane forest had a Shannon and Pielow index of 2.76 and 0.40 respectively, while in the *Eucalyptus* plantations 2.63 was obtained for the Shannon index and 0.43 for the Pielow equitability; for the pine plantation 2.52 for the Shannon index and 0.60 for the Pielow equitability. The PCA showed that light significantly influences the germination of the BSS, as well as altitude, since it is a determining physiographic factor in the variation of species richness and composition. The seed bank of the montane forest floor presented the highest number of individuals, species and families, while the forest plantations presented lower values, so the type of cover influences the future floristic diversity of plant remnants. And the physical variables altitude and light are determining factors for the germination of the BSS of the analyzed coverages.

**Keywords:** Soil seed bank, multivariate analysis, floristic composition, Principal Component Analysis, Andean forest.

### 3. Introducción

Los ecosistemas forestales se encuentran sometidos a cambios constantes que se producen a escalas espaciales y temporales (Coppin et al., 2004). La deforestación y la degradación, actúan como principal causa de la intervención antrópica (Echeverría et al., 2006) provocando que cada año desaparezca un área de bosque del tamaño de Ecuador, en consecuencia, más del 80 % de los bosques del planeta han sido talados, fragmentados y degradados. Como resultado, la biodiversidad y el clima mundial, así como el sustento de cientos de millones de personas, está seriamente amenazado (Mazón y Aguirre, 2016).

Ecuador, a pesar de contar con una Constitución Política que reconoce a la naturaleza como sujeto de derecho en su Art. 71 (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008), la problemática ambiental sigue presente y afecta de manera especial al recurso forestal y a la biodiversidad, en este contexto, los bosques montanos, son considerados como los sitios de mayor concentración de la biodiversidad en donde muchos procesos ecológicos requieren aún ser investigados, uno de ellos es la regeneración natural pues asegura la permanencia del componente florístico a través del tiempo (Muñoz, 2017).

Varios son los mecanismos que utilizan las especies vegetales para regenerarse, entre ellos está la acumulación de semillas en el suelo, lo que se conoce como el banco de semillas del suelo (BSS). Este reservorio es de fundamental importancia ya que las semillas son capaces de mantenerse viables por periodos largos de tiempo y conseguir germinar cuando las condiciones ambientales sean favorables para su desarrollo, sin embargo, la información sobre estos procesos es aún limitada y se requiere comprender su dinámica, composición y estructura (Muñoz et al., 2021; Muñoz-Chamba et al., 2021).

Por lo anteriormente mencionado, los estudios acerca de los Bancos de Semillas del Suelo (BSS) de los ecosistemas forestales son de gran importancia para optimizar su gestión y garantizar el respeto integral a la regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos que se dan dentro de estos importantes ecosistemas (Rodríguez-García et al., 2007; Norden, 2014).

En la región sur de Ecuador, en particular en la hoya de Loja, la vegetación ha sido alterada casi en su totalidad, quedando escasos remanentes boscosos que presentan un buen estado de conservación. El Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), es una área de interés ecológico que cuenta con cinco ecosistemas, en donde se han llevado a cabo diversas investigaciones (Mocha, 2020), por ello el proyecto “Procesos ecológicos de la vegetación en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, UNL, Fase II.”, con el financiamiento de la Universidad Nacional de Loja, plantea la necesidad de comprender cómo se presenta el banco de semillas del suelo tanto del bosque montano como en las plantaciones forestales.

Las preguntas de investigación se enfocaron en conocer ¿Cómo está constituido el banco de semilla del suelo en dos tipos de cobertura vegetal del PUFVC? y ¿Cómo se relacionan las variables físicas con la composición y diversidad de banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal del PUFVC?, por ello se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

- Contribuir al conocimiento del banco de semillas del suelo, para generar estrategias de manejo y conservación de recursos boscosos del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador.

**Objetivos específicos:**

- Determinar la composición florística del bosque montano y plantaciones forestales a partir de la colección de bancos de semilla del suelo.
- Analizar la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Parque Universitario Francisco Vivar Castro (PUFVC)

El PUFVC se encuentra ubicado, en la ciudadela universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” y pertenece a la Universidad Nacional de Loja, cuenta con una superficie de 89,5 hectáreas, está a una altitud de 2 135 a 2 520 msnm, con una temperatura promedio 16,2 °C, precipitación media de 850 mm/año, humedad de 71,96 %, velocidad del viento 3,54 – 5,4 m/s y su topografía varía entre 40 y 90 % (Rojas, 2012).

Constituye un área de conservación *in situ* con particularidades, entre ellas: representa un área remanente de bosque andino con vegetación natural que posee una alta diversidad de especies de flora y fauna de la ciudad de Loja, existen áreas implementadas como plantaciones forestales con especies de pino, ciprés y eucalipto; además en el parque nacen dos nanocuenas Los Nogales y León Huayco que abastece de agua al PUFVC y al Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa” (Aguirre y Yaguana, 2014)

Este parque está conformado por diferentes tipos de coberturas vegetales como bosque andino, bosque de nogal, matorral andino y páramo antrópico, convirtiéndolo en un escenario representativo para conocer, aprender y disfrutar de los recursos biológicos de la región sur de Ecuador (Aguirre et al., 2016), convirtiéndose en un espacio natural de educación, investigación y recreación, para estudiantes de ciencias agrícolas y de otras carreras de la Universidad Nacional de Loja y así fortalecer los procesos de docencia, investigación y vinculación del Alma mater (Aguirre y Yaguana, 2014).

#### 4.1.1. Coberturas vegetales del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

Según Rojas (2012), el PUFVC presenta nueve tipos de cobertura vegetal, que son:

##### **Bosque andino**

Este tipo de cobertura son ecosistemas frágiles que contienen una diversidad biológica caracterizada por su alto grado de singularidad y rareza (Cuesta et al., 2009) se encuentra en la parte media del PUFVC y cuenta con una extensión de 12,93 ha., siendo el 13,46 % del área total; las especies representativas son: guarumo *Cecropia angelica*; cedro *Cedrela montana*; duco *Clusia elliptica*.

##### **Bosque de aliso**

El bosque de aliso se encuentra por el sendero que lleva el mismo nombre, constituye una extensión de 2,45 ha y corresponde al 2,5 % del área total del PUFVC la especie más representativa es: aliso *Alnus acuminata*.

##### **Bosque de nogal**

El bosque de nogal se encuentra al iniciar el recorrido por el sendero los alisos y constituye una extensión de 2,91 ha., corresponde al 3,03 % del PUFVC, la especie característica de este tipo de cobertura es: nogal *Junglans neotropica*

#### **Matorral alto**

El matorral alto es una de las extensiones más grande de cobertura ya que cuenta con una superficie de 28,40 ha y constituye el 29,58 % de la extensión del PUFVC las especies más sobresalientes son: chilca larga *Baccharis latifolia*; Cashco *Weinmannia macrophylla*.

#### **Matorral bajo**

Este tipo de cobertura comprende una superficie de 14,27 ha y que constituye el 14,86 % del total del área del PUFVC, las especies más sobresalientes de este tipo de cobertura son: Tunash *Gynoxys nitida*; Salapa *Cavendishia bracteata*.

### **Plantaciones forestales**

Son el estrato arbóreo que se estableció de forma antrópica con una o más especies forestales exóticas, en zonas desprovistas de las mismas, mediante un plan de forestación o reforestación con manejo silvicultural (CORPEI, 2007). Las plantaciones establecidas son principalmente de *Eucalyptus globulus* que se encuentra en la parte baja de la quebrada de León Huayco y su superficie es de 5,41 ha, siendo el 5,63 % y la plantación de *Pinus radiata* se encuentra en el sendero de León Huayco con una superficie de 8,42 ha siendo 8,77 % la misma que ha ayudado con su madera a mejorar la infraestructura del parque.

#### **Páramo antrópico**

El páramo antrópico se encuentra en la parte alta del parque, es una de las superficies más grandes al igual que el matorral alto y consta de una superficie de 20,58 ha constituyendo el 21,44 % del total del área del PUFVC y sus especies más sobresalientes son: puya *Puya eryngioides*; mano de Dios *Baccharis genistelloides*

#### **Pastizal**

El pastizal se encuentra en la parte baja del parque frente al centro de visitantes y tiene una superficie de 0,65 ha y 0,68 % del total del área del PUFVC, sus especies más sobresalientes son: yaragua *Melinis minutiflora*; kikuyo *Penissetum clandestinum*.

#### **4.1.2. Suelos del PUFVC**

Aunque la superficie del PUFVC es relativamente pequeña, sus suelos presentan diferentes características a causa de la topografía del sector (Muñoz, 2015), el tipo de uso del suelo y otras características, que se citan a continuación:

- **Topografía**

La topografía del parque universitario es la siguiente: el 0,26 % son suelos planos o casi planos (0 a 2 %), el 2,02 % son suelos inclinados (6 a 13 %), el 8,08 % son suelos moderadamente escarpados (13 a 25 %), el 55,56 % son suelos escarpados (25 a 55 %) y el 34,34 % son suelos muy escarpados (> a 55 %) (Chalan y Feijo, 2002).

- **Tipos de suelos**

Los suelos del PUFVC según la profundidad del suelo en el parque universitario varían desde suelos muy superficiales a muy profundos. El 2 % de superficie del parque presenta suelos muy superficiales (< a 15 cm de profundidad), el 46,46 % son suelos superficiales (15 a 30 cm), el 43,43 % son suelos regulares (30 a 60 cm), el 7,07 % son suelos profundos (60 a 90 cm) (Chalan y Feijo, 2002). Según la textura, los suelos del PUFVC el 13,13 % de estos presentan textura fina, el 80,81 % una textura media; y, el 6 % restante una textura gruesa.

- **Características del suelo**

De manera general los suelos del parque son de origen metamórfico de baja fertilidad, presentan bajos niveles de materia orgánica, son ácidos a muy ácidos, de textura franco arenosa y presentan valores a medios de nitrógeno, fosforo y potasio (Aguirre, 2019), así la fertilidad del suelo está representada por un 98,99 % de la superficie con fertilidad baja y el 1,01 % restante son de fertilidad media.

Tratándose de suelos coluviales donde la acción constante de fenómenos geomorfológicos que han modificado la fisiografía con grandes deslizamientos ha existido y la acción de la erosión pluvial, ha generado la formación de estoraques y colinas (Aguirre, 2001).

#### **4.2. Bancos de semilla del suelo**

Sione et al., (2016) definen el banco de semillas del suelo (BSS), como “almacén de semillas viables que potencialmente son capaces de germinar y establecerse; representa el potencial regenerativo de las comunidades vegetales y cumple un papel preponderante en la recuperación de áreas disturbadas”. También son considerados como un grupo de semillas viables que se encuentran asociadas al mantillo y suelo mineral, que permiten la reaparición de la vegetación en un ecosistema determinado (Bedoya et al., 2010).

Aquino (2016) menciona que el BSS es la conformación de semillas que permanecen en estado latente como reservorio de especies principalmente pioneras que germinan en el momento donde se presenta una perturbación, la formación de un claro o por el cambio de las condiciones ambientales dando inicio a un proceso de sucesión secundaria.

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, no obstante, las altas densidades de arvenses en el BSS pueden desviar o detener la sucesión del bosque secundario, constituyendo fuentes de

invasión de especies no nativas en lugar de una fuente potencial de regeneración (Sione et al., 2016) por lo que es necesario el monitoreo a lo largo del tiempo.

#### **4.2.1. Tipos de bancos de semillas del suelo**

El banco de semillas presenta una variedad de alternativas que les permiten permanecer latentes en el tiempo, esta condición está determinada por las estrategias de regeneración que las especies exhiben (Arroyo, 2018). Existen varios autores que clasifican al BSS, sin embargo entre las más utilizadas están las que presentan Bedoya et al. (2010) y Garwood (1989), clasificándolo en:

**Transitorios:** caracterizado por la presencia de 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.

**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.

**Persistentes:** 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 *Hypochoeris radicata*.

#### **4.2.2. Formación del banco de semillas del suelo**

El banco de semillas del suelo es considerado como un conjunto dinámico donde existe un flujo continuo de aportes y pérdidas de semillas que le confieren una dimensión espacial, con la particularidad de producir plantas de manera continua a lo largo del tiempo por medio de la dormancia de las semillas, ese conjunto de semillas por lo general se encuentra dominada de unas pocas especies de árboles y arbustos pioneros a espera de las condiciones óptimas para su germinación (Bedoya et al., 2010).

Según Walck et al. (2005) la formación del BSS se inicia con la dispersión y finaliza con la germinación o muerte de las semillas. Reiné (1998), menciona que en el suelo existe un flujo continuo de aportaciones y pérdidas de semillas, los primeros están originados por la lluvia de semillas desde las plantas madre, a pesar de la predominancia de la dispersión local llegan semillas de sitios distantes con mayor contribución a la vegetación en algunas ocasiones; las

pérdidas pueden ser originadas por el excesivo enterramiento de la semillas perdiendo su viabilidad, procesos de redispersión, predación animal, parasitismo y por muerte fisiológica. Glenn-Lewin y Van Der Maarel (1992) manifiestan que el éxito en la dispersión depende de factores vinculados a las semillas como la cantidad producida, la forma de transporte, el periodo, la distancia de dispersión y el índice de semillas dispersas. Aquino (2016) menciona que los BSS influyen en la distribución de la germinación en el tiempo y estado de latencia; adicional también permiten a las semillas tolerar la variación climática, las fluctuaciones en la disponibilidad de nutrientes y a sobrevivir en periodos desfavorables.

#### **4.2.3. Fuentes del banco de semillas del suelo**

El banco de semillas es la principal fuente de propágulos, que funciona como almacén o grupo de semillas viables que tienen la capacidad de germinar, establecerse y desarrollarse en la vegetación (Aquino, 2016), la riqueza de los bancos de semilla del suelo radica gracias a la lluvia de semillas que conjuntamente con los propágulos llevarán a cabo el proceso de regeneración natural, según Guevara y Gómez (1976), estas semillas o propágulos provienen de dos factores:

- 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.

Los factores principales que determinan los atributos del BSS como en un terreno particular pueden ser el grado y tipo de perturbación del suelo, el patrón de uso del suelo en áreas adyacentes, estado de la comunidad vegetal, la presencia de agentes dispersos y estaciones de años. La densidad, la composición y la riqueza de especies son algunos de los atributos que identifican el banco de semillas (Bedoya et al., 2010).

#### **4.2.4. Persistencia y dormancia de banco de semillas del suelo**

La persistencia de las semillas de las especies que se encuentran en un determinado ambiente está asociada a factores como su estrategia de colonización, y consecuentemente, se involucra al banco de propágulos almacenado en el suelo (Trujillo y Vargas, 2007).

Bedoya et al. (2010), mencionan que la dormancia de los propágulos "es un estado de reposo de las semillas", garantizando que la germinación ocurra principalmente cuando las oportunidades de sobrevivencia de las plántulas sean altas, usualmente se presenta en todas las especies. De la Cuadra (s.f.), menciona que, la dormición es la existencia de una o varias condiciones dentro de la propia semilla que le impida germinar, variaciones que se perderán después de un período de tiempo más o menos largo.

En las semillas dormantes, la germinación ocurre de manera habitual en forma asincrónica (Garwood, 1989). El proceso de dormancia se obstruye en el momento que las semillas



detectan señales externas como los cambios de iluminación, variación de la temperatura y ataque de microorganismos (Aquino, 2016)

#### **4.2.5. Dinámica de la población del banco de semillas del suelo**

Ponce y Montalván (2005) mencionan que en la naturaleza existen factores bióticos que conforma el conjunto de seres vivos que al igual que en los bancos de semillas del suelo no son estáticos y tienen una actividad y dinámica propia; las semillas ingresan a las capas orgánicas y al suelo mineral por medio de lluvia de semillas y salen cuando su mortalidad es por factores como la vejez, el ataque de hongos, bacterias, son depredadas por diferentes organismos y también por su germinación. “Las semillas tienen todavía un cuarto destino posible que es el permanecer latentes formando parte del banco de semillas del suelo” (Moreno, 1996).

Según Domínguez y Romero (2017), el resultado de un proceso dinámico es el banco de semillas, en el que influyen factores internos de la semilla como los del entorno que determinan su existencia, los factores intrínsecos (fisiología de las semillas, tamaño y forma de la semilla y dispersión de las semillas), condiciones ambientales y del entorno (luz, temperatura, microrelieve y microtopografía, estación del año y niveles de perturbación del suelo).

El conocimiento de la dinámica del banco de semillas tiene 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 Montalván, 2005).

#### **4.2.6. Importancia del banco de semillas en el proceso de recuperación de la vegetación natural**

La sucesión secundaria, que conduce a la recuperación de la cobertura vegetal en cualquier terreno, depende de una serie de factores bióticos y abióticos y de procesos ecológicos, los cuales se encuentran inmersos en una escala espacial y temporal. Entre los factores bióticos, están la presencia del banco y la lluvia de semillas como los principales dinamizadores naturales de la sucesión, así como de procesos ecológicos tales como: la dispersión de frutos y semillas, y los flujos de agua y luz en el interior de los terrenos deforestados (Bedoya et al., 2010).

El banco de semillas se considera un registro viviente, porque permite conocer el tipo de vegetación que existe o ha existido en un lugar determinado (Dalling y Denslow, 1998; Saulei y Swaine, 1988), con el atributo adicional de ser un reservorio de variabilidad genética de las especies que lo componen. El papel del banco de semillas del suelo, es el de facilitar el

mantenimiento o la recuperación de la vegetación de un área, principalmente de las especies pioneras (Tekle y Tesfaye, 2000). Las semillas y propágulos almacenados en el suelo, juegan un papel crucial en la colonización de hábitats perturbados, cuando la lluvia de semillas tiene una discreta contribución (Luzuriaga et al., 2005).

Al constituirse en pocas semanas una cobertura vegetal con especies colonizadoras, las condiciones micro ambientales del lugar cambian y con ello se reactivan funciones importantes del ecosistema como: la regulación de la luminosidad y temperatura, la protección del suelo y el ciclaje de nutrientes, entre otras. Por tal motivo, algunas de estas especies, en particular de hábito arbustivo, se consideran “facilitadores” o “catalizadores” de la sucesión (Holl, 2002; Vieira et al., 1994). Con estas nuevas condiciones, se favorece la aparición y establecimiento de especies arbóreas propias de estadíos sucesionales más avanzados (Dupuy y Chazdon, 1998; Middleton, 2003; Quintana et al., 1996).

Finalmente, la descripción de las características del banco de semillas (composición, tamaño, permanencia) de un bosque o terreno en particular, permite obtener información sobre el estado de sucesión, el grado de perturbación, los mecanismos de dispersión de semillas y, de manera indirecta, el tipo de fauna asociada, las posibles fuentes de propágulos, entre otros aspectos. Toda esta información, es necesaria para conocer los factores limitantes de la sucesión en cada terreno (Holp, 1999) y proponer planes de manejo que incluyan el monitoreo del proceso de regeneración del bosque. No obstante, un banco de semillas pequeño y con pocas especies, es el reflejo de la pérdida de diversidad en un lugar determinado, y la simplificación de las comunidades vegetales futuras que llegaren a establecerse.

Conocer la relación que existe entre el banco de semillas y la vegetación en pie es, en resumen, útil para entender los cambios en la composición de la comunidad (vegetal) con respecto a la perturbación, la sucesión y las acciones de restauración desarrolladas para tal fin (Hopfensperger, 2007).

#### **4.2.7. Muestreo de los bancos de semillas**

Los bancos de semillas del suelo están confinados a la superficie de la capa orgánica o a sus 30 cm superiores del suelo mineral algunas especies perennes pueden mantener las semillas en banco de semillas sobre la tierra, por lo tanto, se considera que el muestreo del suelo es un componente necesario de los estudios de BBS (Arroyo, 2018). Para muestrear adecuadamente los bancos de semillas son necesarios menos muestras de gran diámetro que muestras de tamaño pequeño (Forcella et al., 2007).

El tamaño de la muestra está dado por el diámetro de la muestra, por lo tanto, depende del equipo disponible, la profundidad a la que se debería tomar las muestras según Forcella et

al., (2007), dependerá completamente de los objetivos de la investigación; en términos generales pocas semillas están enterradas a 10 cm de profundidad, sin embargo, diferentes investigadores interesados en diferentes sistemas de labranza consideran los 30 cm de profundidad.

### **4.3. La semilla**

Es la primera fase del desarrollo de una nueva planta, originada a partir de un embrión perfectamente protegido por una serie de envueltas exteriores y acompañado por un almacén de alimento (De la Cuadra, s.f.); la semilla que forma parte del fruto y es una estructura mediante la cual las plantas se dispersan, es producida por la fecundación del óvulo de una planta gimnosperma o angiosperma y se define como un “óvulo fecundado y maduro que contiene el embrión que viene a ser una plantita en miniatura en estado de vida latente o letargo” (Tolentino et al., 2012).

Las semillas pueden almacenarse vivas por largos períodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas. “La semilla es uno de los principales recursos para el manejo de poblaciones de plantas, para la reforestación, para la conservación del germoplasma vegetal y para la recuperación de especies valiosas sobreexplotadas” (Doria, 2010).

#### **4.3.1. Partes de semilla**

En la mayoría de los casos se reconoce las partes que conforman la semilla desarrollada con el óvulo fecundado. Bewley y Black (1978) menciona las siguientes:

**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.

**Epicotilo o plúmula:** se convierten 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.

#### **4.3.2. Tipos de semilla**

Doria (2010) menciona que 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 y las clasifica en 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.

**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.

#### **4.3.3. Tipos de dispersión de semillas**

Las semillas poseen adaptaciones especializadas para ser dispersadas independientemente de su especie, entre lo más comunes tipos de dispersión son: anemocoria (dispersión por el viento), hidrocoria (dispersión por el agua), epizocoria (dispersión por contacto con animales) endozocoria (dispersión al ser ingeridos por animales), barocoria (dispersión por gravedad) y autocoria (dispersión por mecanismos propios de la planta como la explosión de frutos) (Dominguez y Romero, 2017).

Según García (1991), las semillas al desprenderse de la planta progenitora tiene la posibilidad de permanecer cerca de ella o de viajar muy lejos, proceso al que se le denomina dispersión la importancia radica en que el propágulo llegue a un lugar favorable para su germinación; las semillas se dispersan de las siguientes maneras:

**Dispersión por viento:** Las semillas se transportan como polvo atmosférico al ser muy pequeñas, también pueden presentar alas, cabellos o plumas.

**Ectozocoria:** Son las semillas que tiene protuberancias, ganchos o sustancias pegajosas y por ello se transportan en el pelaje de los animales o al plumaje de las aves.

**Endozocoria:** Semillas que se encuentran dentro de algún fruto carnoso, el mismo que al ser ingerido por animales, pasa por el tracto digestivo de los animales y regresa a la tierra de forma parcial. Dado esto, las especies pueden aparecer a largas distancias de donde se encuentra su progenitora.

**Mirmecoria:** Es la dispersión protagonizada por las hormigas, las semillas cuentan con tejidos nutritivos atractivos para estos insectos; las mismas que son transportadas hasta el hormiguero al consumir sus nutrientes son desechadas o retiradas del hormiguero.

**Hidrocoria:** Son las semillas movilizadas por el agua, ya sea ríos o de corrientes oceánicas, recorriendo grandes distancias desde su origen.

#### **4.3.4. Latencia de las semillas**

El estado de latencia de las semillas es la incapacidad de los propágulos para desarrollar el proceso de germinación por factores externos como las condiciones ambientales cuando las mismas no son las propias para hacerlos, además de la viabilidad y del poder germinativo. Una de las causas principales es la poca disposición de agua, el frío o el calor, la necesidad luz o sombra estando en condiciones adversas. Sin embargo, a pesar de imposibilidad de germinar, la semilla conserva su capacidad germinativa y su viabilidad en espera de las apropiadas condiciones ambientales (De la Cuadra, s.f.).

Al respecto Varela y Arana (2010) manifiestan que la latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación de la planta madre antes de su dispersión al campo. Además, consideran que la latencia es una adaptación que contribuye a la supervivencia de los propágulos restringiendo la germinación cuando los factores ambientales son desfavorables.

#### **4.3.5. Germinación de la semilla**

La germinación es el conjunto de procesos que se producen en las semillas desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta que puede vivir por sí misma, independientemente del alimento almacenado en la semilla (Pita y Pérez, 1998).

El proceso de germinación de los propágulos de las especies está influenciado tanto por factores internos como la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia, y algunos factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz (Suárez y Melgarejo, 2010). Además, para que la germinación tenga lugar reúne una serie de condiciones tanto en las semillas como en el ambiente, de darse el caso las etapas de este proceso son: imbibición, digestión y transporte de alimentos, elongación celular, germinación visual y plántula (De la Cuadra, s.f.).

### **4.4. Índices de diversidad**

#### **4.4.1. Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ )**

Es el índice más utilizado, expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección. Asumen que los individuos seleccionados al azar y que todas las especies de una comunidad están representadas en la muestra (Aguirre, 2019).

Adquiere valores entre cero y 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 o con logaritmo base 10 (Aguirre, 2019). Integra dos componentes:

- Riqueza de especies
- Equitatividad/representatividad (dentro del muestreo)

La ecuación para su cálculo es

$$H = \sum_{i=1}^s (P_i)(\log_n P_i)$$

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 1. Interpretación del índice de Shanon

RANGOS	SIGNIFICADO
0 – 1.35	Diversidad baja
1.36 – 3.5	Diversidad media
Mayor A 3.5	Diversidad alta

Fuente: Aguirre (2019)

#### 4.4.2. Índice de equitatividad de Pielow (E)

El índice de Pielow es utilizado para adquirir valores entre el rango 0 y 1, donde 1 representa la condición de homogeneidad en la distribución de elementos y 0 la posibilidad de heterogeneidad (Aguirre, 2019).

$$E = \frac{H'}{H_{max}}$$

En 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 (Tabla 2).

Tabla 2. 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 (2019)

#### **4.4.3. Índice de similitud de Sorensen (Ks)**

Se realizó un análisis de similitudes florísticas basado en datos de presencia/ausencia de especies, utilizando el coeficiente de similitud de Sorensen (Ks), con el propósito de distinguir, las especies compartidas y que especies son exclusivas de cada uno de los ecosistemas en particular y así determinar, qué tan similares son las comunidades estudiadas. El Coeficiente de Similitud de Sorensen está dado por:

$$Ks = \frac{2c}{a+b} * 100$$

Donde:

Ks= Índice de Similitud de Sorensen.

a= número de especies de la muestra 1.

b= número de especies de la muestra 2.

c= número de especies en común.

#### **4.5. Análisis multivariado**

El análisis de datos multivariados tiene por objeto el estudio estadístico de varias variables, las cuales son medidas en características de una población, en donde pretende los siguientes objetivos: (i) Sintetizar el conjunto de variables, en nuevas variables construidas como transformaciones de las originales, con la mínima pérdida de información, (ii) examinar grupos en los datos si existen, (iii) organizar nuevas observaciones en grupos definidos y (iv) articular dos conjuntos de variables. Las diferentes técnicas de análisis multivariado constan de varias aplicaciones en diferentes campos científicos y fueron desarrollándose para resolver problemas de clasificación en Biología, y han alcanzado una gran aplicación en Ingeniería y ciencias de la computación como herramientas para resumir la información y diseñar sistemas de clasificación automática y de reconocimiento de patrones (Peña, 2002).

##### **4.5.1. Análisis multivariado de Componentes Principales (ACP)**

El Análisis de Componentes Principales (ACP), se concibe como una técnica de reducción de la dimensión, pues permite pasar de una gran cantidad de variables interrelacionadas a unas pocas componentes principales, ya que un problema central en el análisis de datos multivariantes es la reducción de la dimensionalidad (Sánchez, 2008).

Este método consiste en buscar combinaciones lineales de las variables originales que representen lo mejor posible a la variabilidad presente en los datos (Palacio et al., 2020). De este modo, con unas pocas combinaciones lineales, que serán las componentes principales, sería suficiente para entender la información contenida en los datos (Amaya, 2020). Al mismo

tiempo, la forma en que se construyen las componentes, y su relación con unas u otras variables originales, sirven para entender la estructura de correlación inherente a los datos. Por último, las componentes principales, que forman un vector aleatorio de dimensión menor, pueden ser empleadas en análisis estadísticos posteriores (Lozares y Roldán, 1967).

#### **4.5.2. Ventajas del método multivariado Análisis de Componentes Principales (ACP)**

La naturaleza posee en si una estructura compleja (Audesirk, Audesirk, y Byers, 2008), en este contexto los Análisis de Componentes Principales (ACP), permiten:

- Reflejar la naturaleza multidimensional de los sistemas naturales.
- Proporcionar una manera para manejar grandes conjuntos de datos con gran número de variables.
- Proporcionar una forma de resumir la redundancia en los grandes conjuntos de datos y analizar los datos anómalos
- Proporcionar una solución a los múltiples problemas de comparación
- Proporcionar medios de detección y cuantificación los patrones verdaderamente multivariados que surgen de la estructura correlacional del conjunto de variables.
- Facilitar un medio de explorar conjuntos de datos complejos en busca de patrones y relaciones a partir del cual se pueden generar hipótesis y posteriormente ser probados experimentalmente.

#### **4.6. Estudios de bancos de semillas del suelo en la región sur de Ecuador**

En la región sur del Ecuador se han desarrollado algunas investigaciones en relación a los banco de semillas en el suelo en diferentes tipos de bosques, así: Jumbo (2013) estudió la dinámica temporal del banco de semillas del suelo de especies herbáceas en un bosque seco del suroeste del Ecuador, en donde se identificaron 18 especies de plantas herbáceas correspondientes a 10 familias para el bosque sin pastoreo, mientras que para el bosque con pastoreo se registraron 12 especies, pertenecientes a 8 familias; además se contabilizo un total de 798 individuos correspondientes al bosque sin pastoreo, mientras que para el bosque con pastoreo se registraron solamente 368 individuos.

Delgado (2018), realizo una investigación denominada caracterización del banco de semillas del suelo del bosque tropical estacionalmente seco de Zapotillo, a lo largo de un gradiente de perturbación antrópica y determinar las características que definen a las especies que lo están



formando; se definieron cuatro niveles de perturbación basados en la densidad del bosque; baja, media, media-alta, y alta intervención. En el banco de semillas se registraron 71 morfotipos diferentes, de los cuales 31 se registraron en el nivel de intervención baja, 32 en el nivel de intervención media, 34 en intervención media-alta y 26 en intervención alta. En cuanto a las características de las especies, se registraron 59 hierbas no graminiformes y 6 hierbas graminiformes. La presencia de especies leñosas en el banco de semillas fue baja, registrándose una especie de árbol.

Carrera (2019) estudio la composición y diversidad del banco de semillas de las plantaciones forestales y del bosque montano en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro, en donde 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 con consideradas nativas y una endémica. Por otra parte, 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.

Muñoz et al. (2021), estudiaron la composición florística emergente del banco de semillas del suelo del bosque montano del parque universitario “Francisco Vivar Castro” en donde realizaron un monitoreo del proceso germinativo durante 113 días, y se analizaron la disponibilidad del banco de semillas del suelo tanto en la capa orgánica como en la inorgánica, destacando que la germinación presentó un comportamiento heterogéneo y, las especies con mayor índice de velocidad de germinación en la capa orgánica fueron: *Phenax laevigatus*, *Cyperus rotundus* y *Pilea myriantha*; mientras que en la capa mineral son: *Tibouchina laxa*, *Cyperus rotundus* y *Calceolaria*.

## 5. Metodología

### 5.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro (PUFVC) ubicado en el barrio La Argelia, en la Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”, propiedad de la Universidad Nacional de Loja, localizado a 5 km de la vía Loja-Vilcabamba con una superficie de 99,2 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 m s.n.m. (Figura 1) en el cantón Loja. Existen cinco ecosistemas: bosque andino, matorral, páramo antrópico, bosquete mixto de *Juglans neotropica*, plantaciones de *Pinus radiata* D.Don (pino) y *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto) (Aguirre et al., 2016).

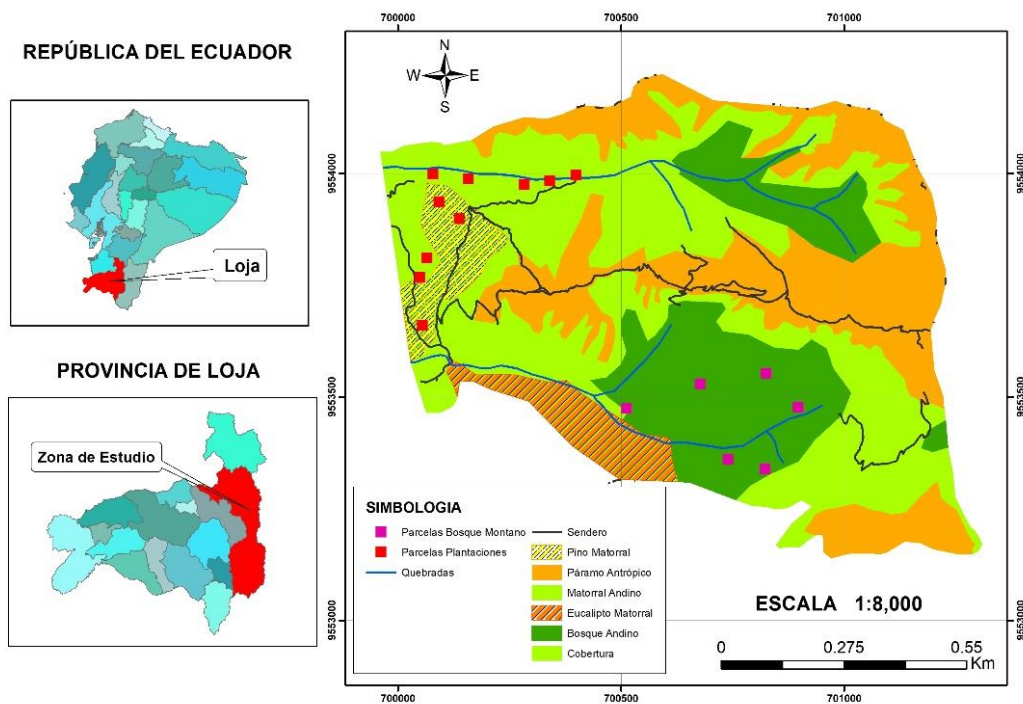


Figura 1. Ubicación del área de estudio y parcelas dentro del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” en la provincia de Loja, Ecuador.

## **5.2. Metodología para la determinación de la composición florística del banco de semillas del suelo de los ecosistemas del bosque montano y plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* Labill y *Pinus radiata* D. Don**

Para determinar la composición florística del banco de semillas del suelo en el bosque montano y plantaciones forestales del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC) se utilizó la metodología aplicada por Carrera (2019) y Mocha (2020).

### **5.2.1. Selección de los sitios de muestreo**

La investigación se realizó en dos tipos de cobertura vegetal: bosque montano y plantaciones forestales, presentes en el PUFVC. El remanente del bosque montano se encuentra en la microcuenca Los Nogales y las plantaciones forestales (pino y eucalipto) están ubicadas en la parte baja del PUFVC.

Se utilizó las unidades de muestreo (parcelas) instaladas por González (2020) para el caso de la plantación de *Pinus radiata* D. Don y, para la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill se llevó a cabo en las parcelas instaladas por Espinoza (2020); mientras que en el caso del bosque montano se utilizaron las parcelas de Mocha (2020). Para todos los casos las dimensiones de las parcelas fueron de 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup>) en donde se anidaron cinco subparcelas de 5 m x 5 m (25 m<sup>2</sup>) y cinco subparcelas de 1 m x 1 m (Figura 1) dentro de las ultimas.

### **5.2.2. Recolección de las muestras del banco de semillas del suelo**

La recolección de muestras de suelo y hojarasca del bosque montano fue llevada a cabo por Mocha (2020), y se continuó con el monitoreo de las muestras analizadas por tres meses adicionales.

Las muestras de las plantaciones forestales de pino y eucalipto se colectaron en enero y febrero del año 2020 y se muestrearon un total de 50 muestras de suelo mineral y 50 muestras de la capa orgánica respectivamente, dentro de las parcelas permanentes de 400 m<sup>2</sup>, según el sentido de las manecillas del reloj partiendo del punto Noroeste y terminando en la subparcela del centro con el propósito de cubrir la mayor cantidad del área de manera ordenada (Figura 2).

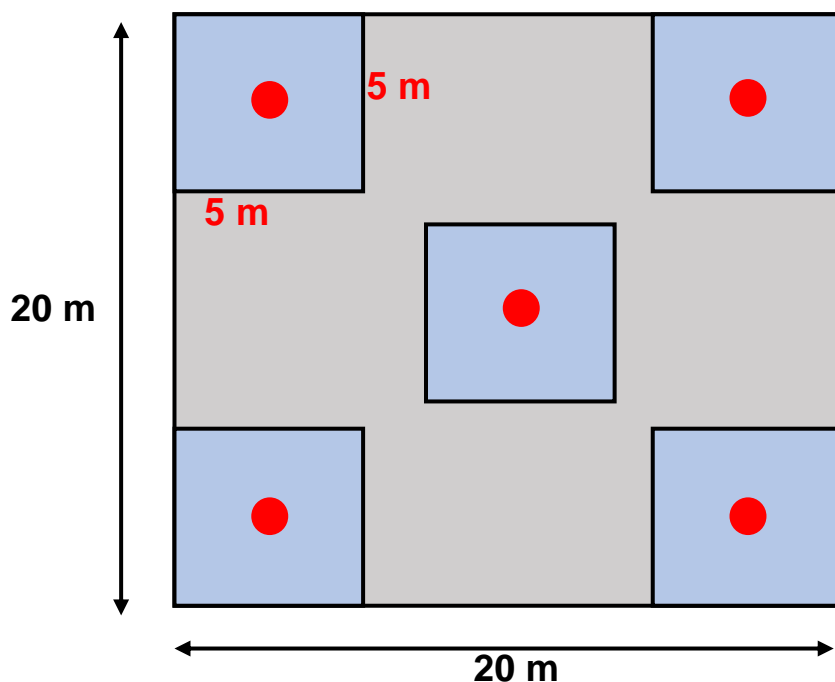


Figura 2. Puntos donde se tomaron las muestras dentro de las parcelas.

Fuente: Elaboración propia

Las muestras se extrajeron usando una lampa de acero de 20 cm tomando en consideración lo recomendado por Mocha (2020) con un volumen aproximado de 400 cm<sup>2</sup>, y se retiró las ramas de gran tamaño, piedras u otros elementos.

Se dividió el suelo mineral de la capa orgánica y se depositó en fundas plásticas debidamente etiquetadas. La descripción de cada sitio de extracción se realizó utilizando el formato de la hoja de campo expuesta en la Tabla 3.

Tabla 3. Hoja de campo para la extracción de muestras de suelo.

Coordenadas UTM:		Lugar:	
Código:		Fecha:	
Altura (msnm):		Hora de inicio:	
Observaciones:	Tipo de suelo:	Porcentaje de raíces:	
Nº	Temperatura	Velocidad del viento	Porcentaje de Luz
			Potencial de hidrógeno

Para el levantamiento de la información de las variables físicas, se utilizó un GPS para registrar la ubicación y altitud, así también con la ayuda de una microestación Krestel 4 000 (Ver Anexo 12) se registró información de las variables temperatura, velocidad del viento y humedad.

La medición de la pendiente se realizó con un clinómetro Suunto que toma la medida en porcentaje (%), la cobertura del dosel y porcentaje de luz se midió con la aplicación HabitApp, y con la ayuda de una cinta métrica se procedió a medir el espesor del suelo y capa orgánica, finalmente el porcentaje de raíces se registró considerando la abundancia de las mismas en el espesor de la capa orgánica (Ver Anexo 1, 2 y 3).

### **5.2.3. Procesamiento de las muestras**

Las muestras extraídas fueron transportadas a un espacio previamente adecuado, anexo a las instalaciones del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, en donde fueron monitoreadas diariamente. Cada muestra fue procesada mediante el tamizado con el fin de separar y descartar ramas grandes, piedras y cualquier otro elemento que no fueran semillas mientras que, en las muestras de hojarasca se separó las ramas de mayor tamaño. Cada muestra se depositó en bandejas de espuma flex de 40,07 cm<sup>2</sup> rectangular, esta forma geométrica permitió la entrada de luz y oxígeno para dar la oportunidad de germinar a la mayoría de las semillas. Cada bandeja fue debidamente etiquetada con su código, conformado por el número de muestra, número de la parcela, la cobertura vegetal a la que pertenece y diferenciado de suelo mineral y capa orgánica para el monitoreo correspondiente (Figura 3).

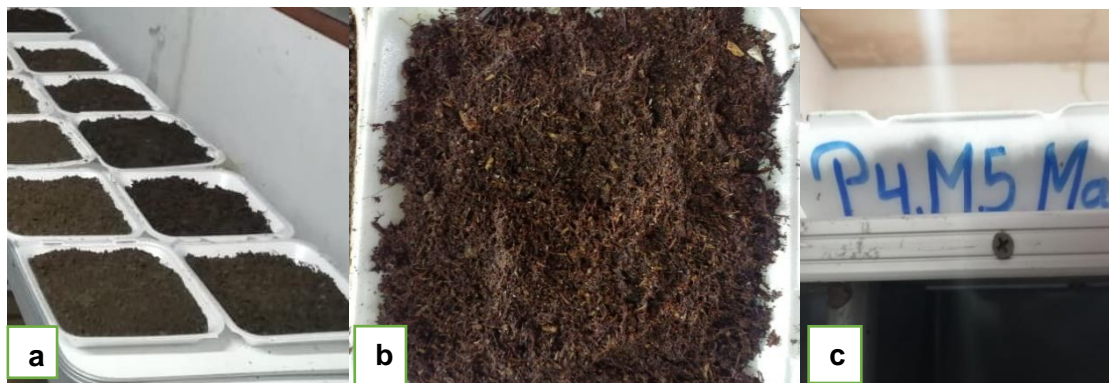


Figura 3. a) Tamizaje b) Disposición del sustrato en bandejas c) Etiquetado de muestras

### **5.2.4. Monitoreo de las muestras de suelo**

El monitoreo de las muestras de los BSS se realizó en dos fases, para el caso de las muestras provenientes del bosque montano se continuó el seguimiento (segunda fase) por un periodo de tres meses adicionales a los monitoreados por Mocha (2020), mientras que, para las muestras provenientes de las plantaciones, la fase inicial se desarrolló a finales del mes de enero hasta el mes de marzo del año 2020 y la fase final de monitoreo fue en los meses de junio y julio (Figura 4).

Las bandejas se monitorearon diariamente de conformidad a Trujillo y Vargas (2007) quienes sostienen que en los dos primeros meses emergen el mayor número de individuos; y se detuvo hasta que no se observó ninguna germinación mayor a 15 días. El riego se lo realizó diario durante seis meses con agua destilada con la finalidad de evitar contaminación por agentes externos como hongos.



Figura 4. a) Germinación de semillas b) Aparición de los folíolos c) Crecimiento de las plántulas.

La técnica de monitoreo se llevó a cabo por un sistema de recolección de datos en donde la bandeja de espuma flex fue dividida en nueve cuadrantes de 6,33 cm x 6,33 cm enumeradas (Figura 5), los individuos germinados fueron enumerados y etiquetados según el orden de aparición, para posterior construir la curva de germinación.

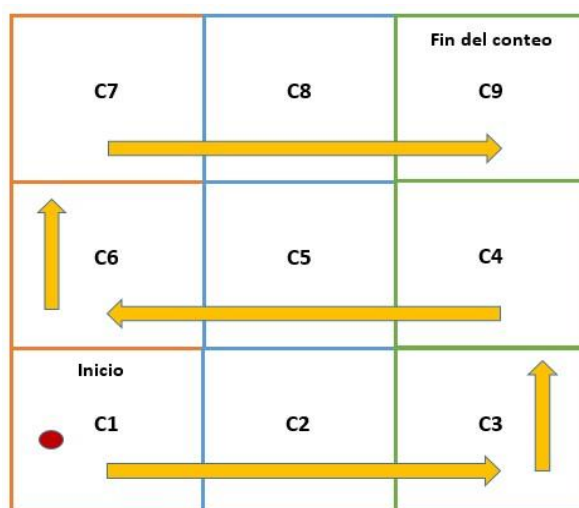


Figura 5. Sistema de recolección de datos en las bandejas de espuma flex

Fuente: Mocha (2020)

### 5.2.5. Identificación de especies del banco de semillas del suelo

La identificación botánica de las especies que germinaron se realizó en el Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja, los individuos que obtuvieron un tamaño igual o mayor a 5 cm fueron extraídos para la identificación, es importante

destacar que la identificación de plántulas en sus primeros estadios presenta complicaciones por los caracteres botánicos particulares en relación a las plantas adultas lo que limitó la identificación de algunas especies que se clasificaron hasta morfoespecie (Ver Anexo 10 y 11).

#### **5.2.6. *Procesamiento de los datos colectados***

##### **5.2.6.1. Índice de Diversidad de Shannon (H).**

Se calculó el índice de diversidad de Shannon que mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988). Se asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo del número de especies cuando estas están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988; Moreno, 2002). Para la obtención del índice se utilizó una matriz de simplificación de información tal como se presenta en el anexo 4, 6 y 8.

##### **5.2.6.2. Índice de equitatividad de Pielow (E).**

Se calculó el índice de equitatividad el mismo que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988; Moreno, 2002) (Anexo 5, 7 y 9).

##### **5.2.6.3. Índice de similitud de Sorensen (Ks).**

Para la estimación de la similitud de las especies que germinan entre los tipos de cobertura se utilizó el índice de Sorensen, que se basa en la presencia y ausencia de especies, tomando en cuenta que este índice toma valores entre cero y cien, el rango inferior para comunidades con máxima diferencia y el rango superior para comunidades idénticas, en este trabajo se considera que por arriba de 70 la similitud es alta, menos de 70 pero por arriba de 40 la similitud es mediana y menor a 40 las comunidades se considerar con una pobre similitud (Magurran, 1988) (Anexo 10).

### **5.3. Metodología para analizar la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en el bosque montano y plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* Labill y *Pinus radiata* D. Don**

Para realizar el análisis de relación entre las variables físicas y los bancos de semilla del suelo en el bosque montano y las plantaciones forestales del PUFVC, se utilizó estadística multivariada en donde se determinó la presencia de grupos ecológicos y se realizó un análisis de componentes principales (ACP), que permitió analizar indicadores de similitud y patrones de comportamiento de los datos y así determinar el peso de las variables físicas en el desarrollo de la composición florística, se utilizó el software estadístico R Studio versión 4.1.2 (Bird Hippie) (R Core Team, 2021) en su paquete VEGAN versión 2.5-7 (Oksanen et al., 2020).

Para un mejor análisis la información de las variables físicas, se dividió por tipo de cobertura y en el caso de las plantaciones, se subdividió en la cobertura de pino y eucalipto considerando las que provienen de la capa mineral y la capa orgánica.

Las variables físicas con las que se realizó el análisis multivariado son: altitud, cobertura del dosel, pendiente, espesor de la capa orgánica, espesor del suelo, porcentaje de raíz, porcentaje de luz humedad, temperatura, velocidad del viento, número de especies y número de individuos.



## 6. Resultados

### 6.1. Composición florística del bosque montano y plantaciones forestales a partir de la colección de bancos de semillas del suelo

#### 6.1.1. Banco de semillas del suelo del bosque montano

En el banco de semillas del suelo del bosque montano se registró 1 112 individuos pertenecientes a 38 especies y 28 familias botánicas, de las cuales, 20 pertenecieron al estrato herbáceo, el estrato arbustivo registró siete, mientras que el estrato arbóreo presentó dos. Cabe mencionar, que ocho especies se clasificaron como morfoespecies (Figura 6).

Las familias botánicas mejor representadas en el banco de semillas del suelo por el número de especies del bosque montano fueron: Solanaceae y Scrophulariaceae con cinco y tres especies respectivamente.

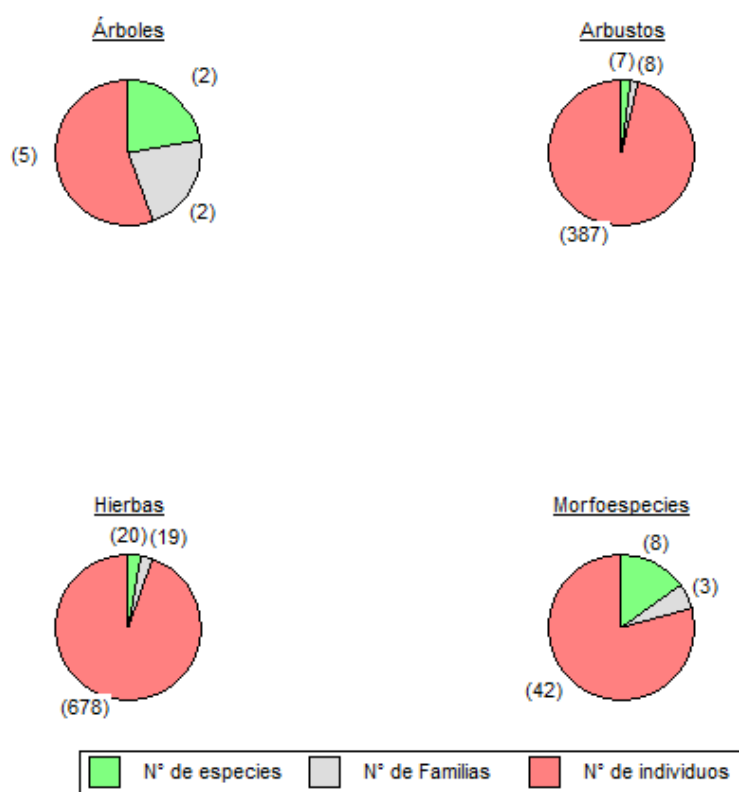


Figura 6. Árboles, arbustos, hierbas y morfoespecies del banco de semillas del suelo de la plantación del bosque montano del PUFVC

#### 6.1.1.1. Composición florística de la capa orgánica del banco de semillas del suelo del bosque montano del PUFVC.

En la capa orgánica del bosque montano se registró un total de 635 individuos correspondientes a 33 especies, en donde el 3,03 % son del estrato arbóreo el 21,21 %

corresponde al estrato arbustivo, mientras que el 54,54 % de las especies pertenecen al estrato herbáceo. El 21,21 % restantes se clasificaron hasta morfoespecie (Tabla 5). Las familias botánicas más representativas fueron Solanaceae y Scrophulariaceae, con cuatro y tres especies respectivamente.

Tabla 4. Árboles, arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo de la capa orgánica del bosque montano

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
1	<i>Myrsine</i> sp. 1	Primulaceae	A	1
2	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	Euphorbiaceae	Ar	28
3	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	Lamiaceae	Ar	6
4	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz y Pav.) DC	Rubiaceae	Ar	8
5	<i>Rubus</i> sp.1	Rosaceae	Ar	18
6	<i>Tournefortia</i> sp.	Boraginaceae	Ar	7
7	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	Ar	31
8	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd	Urticaceae	Ar	122
9	<i>Bidens</i> sp.	Asteraceae	Hb	15
10	<i>Iresine</i> sp.	Amaranthaceae	Hb	10
11	<i>Muehlenbeckia</i> sp.1	Polygonaceae	Hb	6
12	<i>Bomarea isopetala</i> Kraenzl.	Alstroemeriaceae	Hb	2
13	<i>Calceolaria</i> sp.	Scrophulariaceae	Hb	11
14	<i>Calceolaria</i> sp.1	Scrophulariaceae	Hb	59
15	<i>Calceolaria</i> sp.2	Scrophulariaceae	Hb	1
16	<i>Colignonia scandens</i> Benth.	Nyctaginaceae	Hb	4
17	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f	Commelinaceae	Hb	6
18	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Hb	75
19	<i>Galium</i> sp.1	Rubiaceae	Hb	5
20	<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav ex G. Don	Oxalidaceae	Hb	17
21	<i>Phytolacca americana</i> L.	Phytolaccaceae	Hb	29
22	<i>Pilea myriantha</i> Killip.	Urticaceae	Hb	56
23	<i>Poaceae</i> sp.1	Poaceae	Hb	23
24	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	Hb	1
25	<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schlttdl	Commelinaceae	Hb	1
26	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem y Chult	Violaceae	Hb	64

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
27	<i>Asteraceae</i> sp.2	Asteraceae	Mfs	2
28	<i>Indeterminada</i> . 1	Indeterminada	Mfs	1
29	<i>Solanacea</i> sp.1	Solanaceae	Mfs	10
30	<i>Solanacea</i> sp.2	Solanaceae	Mfs	1
31	<i>Solanum</i> sp.1	Solanaceae	Mfs	9
32	<i>Solanum</i> sp.2	Solanaceae	Mfs	5
33	<i>Solanum</i> sp.3	Solanaceae	Mfs	1

Hábito de crecimiento: A= Árbol; Ar=Arbusto; Hb=Hierba; Mfs=Morfoespecie

#### 6.1.1.2. Composición florística de la capa mineral del banco de semillas del suelo del Bosque Montano.

En el suelo mineral germinaron 477 individuos de 25 especies registradas y, 18 familias.

El 8 % de las especies son árboles pertenecientes a las familias Solanaceae y Primulaceae, el 20 % se registró en el estrato arbustivo y el 56 % corresponde a las hierbas representadas en 12 familias. El grupo de especies catalogadas como morfoespecies representan el 16 % (Tabla 5).

Tabla 5. Árboles, arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo mineral del bosque montano

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
1	<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	Solanaceae	A	3
2	<i>Myrsine</i> sp.1	Primulaceae	A	1
3	<i>Rubus</i> sp.1	Rosaceae	Ar	9
4	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	Euphorbiaceae	Ar	20
5	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers	Asteraceae	Ar	1
6	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	Lamiaceae	Ar	5
7	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	Ar	132
8	<i>Muehlenbeckia</i> sp.1	Polygonaceae	Hb	3
9	<i>Pilea myriantha</i> Killip.	Urticaceae	Hb	11
10	<i>Bidens</i> sp.	Asteraceae	Hb	6
11	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Hb	140
12	<i>Galium</i> sp.1	Rubiaceae	Hb	4
13	<i>Calceolaria</i> sp.1	Scrophulariaceae	Hb	48
14	<i>Phitolacca americana</i> L.	Phytolaccaceae	Hb	26
15	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem y Chult	Violaceae	Hb	34
16	<i>Calceolaria</i> sp.2	Scrophulariaceae	Hb	2

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
17	<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav ex G. Don	Oxalidaceae	Hb	2
18	<i>Poaceae</i> sp.1	Poaceae	Hb	9
19	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f	Commelinaceae	Hb	5
20	<i>Iridaceae</i> sp.1	Iridaceae	Hb	2
21	<i>Iridaceae</i> sp.2	Iridaceae	Hb	1
22	<i>Solanum</i> sp.1	Solanaceae	Mfs	6
23	Indeterminada. 1	Indeterminada	Mfs	1
24	<i>Asteraceae</i> sp.1	Asteraceae	Mfs	1
25	<i>Solanaceae</i> sp.1	Solanaceae	Mfs	5

Hábito de crecimiento: A= Árbol; Ar=Arbusto; Hb=Hierba; Mfs=Morfoespecie

### 6.1.2. Banco de semillas del suelo de las plantaciones forestales

#### 6.1.2.1. Composición del banco de semillas del suelo de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

Se registró la germinación de 233 individuos que pertenecen a 25 especies vegetales y 13 familias, siete especies son arbustivas, 17 son herbáceos y una morfoespecie. Las especies abundantes del estrato arbustivo son *Tibouchina laxa* (Desr.) Cogn. con 27 individuos y *Solanum abitaguense* S. Knapp con 20 individuos; mientras que, en el estrato herbáceo *Calceolaria perfoliata* L.f y *Senecio* sp. son las especies más abundantes en el banco de semillas del suelo con 60 y 50 individuos respectivamente.

La familia botánica con mayor número de especies es Asteraceae (Figura 7).

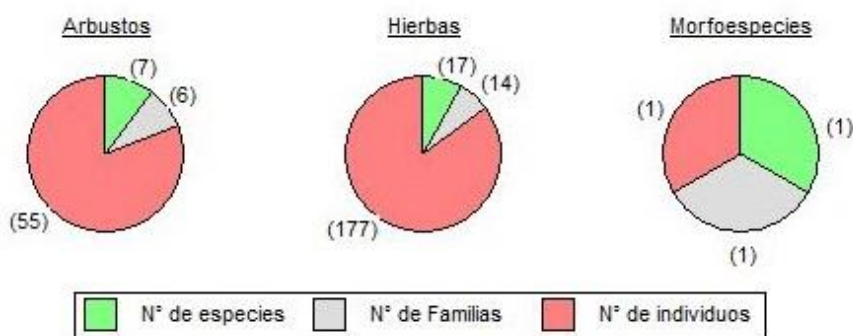


Figura 7. Arbustos, hierbas y enredaderas del banco de semillas del suelo de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill del PUFVC.

**6.1.2.1.1. Composición florística de la capa orgánica del banco de semillas del suelo de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.**

En la capa orgánica germinó el 76 % (19) de las 25 muestras de BSS estudiadas, de las cuales se registró 130 individuos correspondientes a 21 especies y 14 familias, así el 19,04 % representa el estrato arbustivo, 4,76 % representan las enredaderas y el 76,19 % son hierbas (Tabla 6).

Tabla 6. Arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo de la capa orgánica de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
1	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.)	Asteraceae	Ar	1
2	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	Ar	8
3	<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	Asteraceae	Ar	3
4	<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	Solanaceae	Ar	16
5	<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G. Don	Oxaladaceae	Hb	7
6	<i>Senecio</i> sp	Asteraceae	Hb	26
7	<i>Colignonia scandens</i> Benth.	Nyctaginaceae	Hb	1
8	<i>Chloris</i> sp	Poaceae	Hb	7
9	<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	Scrophulariaceae	Hb	30
10	<i>Pilea myriantha</i> Killip.	Urticaceae	Hb	2
11	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	Violaceae	Hb	5
12	<i>Peperomia</i> sp	Piperaceae	Hb	9
13	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Polygonaceae	Hb	1
14	<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	Asteraceae	Hb	3
15	<i>Ageratina</i> sp	Asteraceae	Hb	1
16	<i>Ichnanthus</i> sp	Poaceae	Hb	1
17	<i>Ipomoea</i> sp	Convolvulaceae	Hb	1
18	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz y Pav.	Asteraceae	Hb	4
19	<i>Hydrocotyle humboldtii</i> A. Rich.	Araliaceae	Hb	2
20	<i>Hyptis</i> sp	Lamiaceae	Hb	1
21	<i>Mikania szyszlowiczii</i> Hieron.	Asteraceae	En	1

Hábito de crecimiento: Ar=Arbusto; Hb=Hierba; En=Enredadera

**6.1.2.1.2. Composición florística de la capa mineral del banco de semillas del suelo de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.**

En el suelo mineral de la plantación se registró 103 individuos que corresponden a 17 especies de 14 familias. El 29,41 % de las especies corresponden al estrato arbustivo; mientras que el 70,58 % son de especies del estrato herbáceo (Tabla 7).

Tabla 7. Arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo mineral de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
1	<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	Solanaceae	Ar	4
2	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	Ar	19
3	<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	Asteraceae	Ar	1
4	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	Lamiaceae	Ar	1
5	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	Euphorbiaceae	Ar	1
6	<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G. Don	Oxaladaceae	Hb	2
7	<i>Senecio</i> sp.	Asteraceae	Hb	24
8	<i>Chloris</i> sp.	Poaceae	Hb	7
9	<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	Scrophulariaceae	Hb	30
10	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	Violaceae	Hb	4
11	<i>Ageratina</i> sp.	Asteraceae	Hb	1
12	<i>Ichnanthus</i> sp.	Poaceae	Hb	2
13	<i>Hydrocotyle humboldtii</i> A. Rich.	Araliaceae	Hb	1
14	<i>Peperomia</i> sp.	Piperaceae	Hb	2
15	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Polygonaceae	Hb	0
16	<i>Galium</i> sp.	Rubiaceae	Hb	3
17	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Phytolaccaceae	Hb	1

Hábito de crecimiento: Ar=Arbusto; Hb=Hierba

**6.1.2.2. Banco de semillas del suelo de la plantación de *Pinus radiata* D. Don.**

Del total de muestras de BSS examinadas en el diseño experimental el 50 % (25) germinaron, obteniendo un total de 68 individuos, 18 especies y 14 familias. En el estrato arbustivo se registró 3 especies, mientras que en el estrato herbáceo 14 especies y se registró una especie de enredadera (Figura 8).



Figura 8. Arbustos y hierbas del banco de semillas del suelo de la plantación de *Pinus radiata* D. Don del PUFVC

**6.1.1.2.1. Composición florística de la capa orgánica del banco de semillas del suelo de la plantación de *Pinus radiata* D. Don.**

De las 25 muestras de BSS monitoreadas un 64 % (19) germinaron, se registró 25 individuos, 18 especies y 13 familias; correspondiendo el 16,66 % a arbustos, el 77,7 % a hierbas y el 5,5 % fueron catalogadas como enredaderas (Tabla 8).

Tabla 8. Arbustos y hierbas del banco de semillas de la capa orgánica de la plantación *Pinus radiata* D Don

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
1	<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	Ar	1
2	<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	Solanaceae	Ar	1
3	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	Urticaceae	Ar	2
4	<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G. Don	Oxalidaceae	Hb	12

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
5	<i>Prestonia</i> sp.	Apocynaceae	Hb	1
6	<i>Senecio</i> sp.	Asteraceae	Hb	4
7	<i>Colignonia scandens</i> Benth.	Nyctaginaceae	Hb	1
8	<i>Chloris</i> sp.	Poaceae	Hb	3
9	<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	Scrophulariaceae	Hb	1
10	<i>Pilea myriantha</i> Killip.	Urticaceae	Hb	2
11	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	Violaceae	Hb	2
12	<i>Peperomia</i> sp.	Piperaceae	Hb	3
13	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Polygonaceae	Hb	1
14	<i>Spermacoce remota</i> Lam.	Rubiaceae	Hb	3
15	<i>Galium</i> sp.	Rubiaceae	Hb	1
16	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Phytolaccaceae	Hb	2
17	<i>Ageratina</i> sp.	Asteraceae	Hb	1
18	<i>Mikania szyszyłowiczii</i> Hieron.	Asteraceae	En	2

Hábito de crecimiento: Ar=Arbusto; Hb=Hierba; En=Enredadera

#### 6.1.2.2.2. Composición florística de la capa mineral del banco de semillas del suelo de la plantación de *Pinus radiata* D. Don.

De las muestras del suelo mineral se registraron la germinación de 25 individuos, 10 especies de seis familias. En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 9. Arbustos, hierbas y enredaderas del banco de semillas del suelo de la capa orgánica de la plantación de *Pinus radiata* D. Don.

N°	Nombre científico	Familia	Hábito de crecimiento	N° Ind.
1	<i>Palicourea</i> sp	Rubiaceae	Ar	1
2	<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G.Don	Oxaladaceae	Hb	5
3	<i>Chloris</i> sp	Poaceae	Hb	1
4	<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	Scrophulariaceae	Hb	3
5	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	Violaceae	Hb	1
6	<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	Polygonaceae	Hb	1
7	<i>Spermacoce remota</i> Lam.	Rubiaceae	Hb	1
8	<i>Galium</i> sp	Rubiaceae	Hb	10
9	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Phytolaccaceae	Hb	1
10	<i>Mikania szyszyłowiczii</i> Hieron.	Asteraceae	En	1

Hábito de crecimiento: Ar=Arbusto; Hb=Hierba; En=Enredadera



**6.1.3. Diversidad del banco de semillas del suelo en el bosque montano y plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* Labill y *Pinus radiata* D. Don**

La diversidad del banco de semillas del suelo en el PUFVC tanto en el bosque montano como en las plantaciones de eucalipto y pino se registró como media según el índice de Shannon, sin embargo, al momento de comparar la riqueza específica, se observó que el bosque montano presenta mayor número de especies que las plantaciones, no obstante, en lo que respecta al Índice de equitatividad según Pielow el bosque montano y las plantaciones son homogéneos en abundancia y altos en diversidad (Tabla 10).

Tabla 10. Diversidad de especies del banco de semillas del suelo del PUFVC.

Índice de diversidad	Bosque Montano	Plantación de <i>E. globulus</i>	Plantación de <i>P. radiata</i>
Riqueza	32	25	18
Nº Individuos	1112	233	68
Shannon_H	2,69	2,63	2,52
Equitatividad Pielow	0,39	0,43	0,60

**6.1.4. Similitud de la germinación de los bancos de semilla del bosque montano y las plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* Labill y *Pinus radiata* D. Don**

En la Tabla 11, se presenta el índice de similitud de Sorensen entre los hábitats evaluados, en la parte superior derecha se muestran los índices de similitud para todas las combinaciones, en la intercepción (gris oscuro) la riqueza total reportada y en la parte inferior izquierda el número de especies compartidas entre los hábitats comparados. Los valores del cálculo del índice de similitud constan en el Anexo 10.

Como se puede observar, existió una similitud baja entre el bosque montano y las plantaciones forestales. La plantación de eucalipto presentó el 28 % de similitud, que se categoriza como una similitud baja, con nueve especies compartidas, de las cuales destacan: *Tibouchina laxa*, *Baccharis latifolia*, *Lepechinia mutica* y *Acalypha diversifolia*; mientras que, con la plantación de pino, se determinó una similitud del 21 % con seis especies: *Phenax laevigatus*, de igual manera dicha similitud es considerada baja.

El grado de similitud entre las especies que se presentaron en las plantaciones de pino y eucalipto correspondió a un 65 %, es decir presentan una similitud media, con 14

especies compartidas entre las que se destacan: *Phytolacca bogotensis*, *Mikania szyszyłowiczii* y *Muehlenbeckia tamnifolia* como las más abundantes.

Tabla 11. Índice de similitud de Sorensen de las semillas germinadas de los bancos del bosque montano y las plantaciones de pino y eucalipto

	Bosque montano	Plantación de eucalipto	Plantación de pino	Índice de Similitud
Bosque montano	38	0,28	0,21	
Plantación de eucalipto	9	25	0,65	
Plantación de pino	6	14	18	

Número de especies compartidas

Se determinó especies compartidas en todos los sitios de análisis como: *Oxalis spiralis*, *Colignonia scandens*, *Pilea myriantha*, *Viola arguta* y *Solanum abitaguense*.

La presencia de especies exclusivas también es interesante de analizar, por ejemplo, para en el caso de las plantaciones forestales se reportaron diez especies, de las cuales en la plantación de pino se reportó tres especies: *Spermacoce remota*, *Prestonia* sp. y *Palicourea* sp.; mientras que en la plantación de eucalipto se registró la presencia de siete especies: *Bidens squarrosa*, *Aetheolaena heterophylla*, *Galinsoga quadriradiata* y *Hydrocotyle humboldti*.

En el bosque montano se presentó el máximo número de especies exclusivas (28), siendo las más representativas: *Bomarea isopetala*, *Commelina diffusa*, *Cyperus rotundus*, *Palicourea amethystina*, *Phytolacca americana*, *Tinantia erecta* y *Sida rhombifolia*.

## 6.2. Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal

### 6.2.1. Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo de la capa orgánica

Para la capa orgánica se evidenció patrones definidos para las coberturas en estudio (bosque montano y plantaciones forestales de *Eucalyptus globulus* Labill y *Pinus radiata* D. Don.), ya que las variables: altitud (Al) y capa orgánica (CO) en el bosque montano están significativamente relacionadas mientras que en el caso de las plantaciones: la temperatura (T) y el porcentaje de luz (PL), presentan relaciones fuertes entre sí, en la Figura 9, se puede observar la relación expresada en el ángulo de sus vectores (Figura 9).

Cabe destacar, que las plantaciones se caracterizan por estar influenciadas en mayor proporción por el porcentaje de luz, temperatura y espesor de la capa orgánica; por el contrario, en el bosque montano influyen más las variables: altitud, humedad y pendiente, lo que se traduce también en la alta influencia y relación con el número de especies e individuos. Variables como el porcentaje de raíz y velocidad del viento no influyen significativamente en ninguna cobertura analizada en el nivel de mantillo (Figura 9).

Las variables físicas que son explicadas de mejor manera en el componente 1 son: porcentaje de luz, temperatura, y altitud y en el componente 2 es el espesor del suelo (Figura 9).

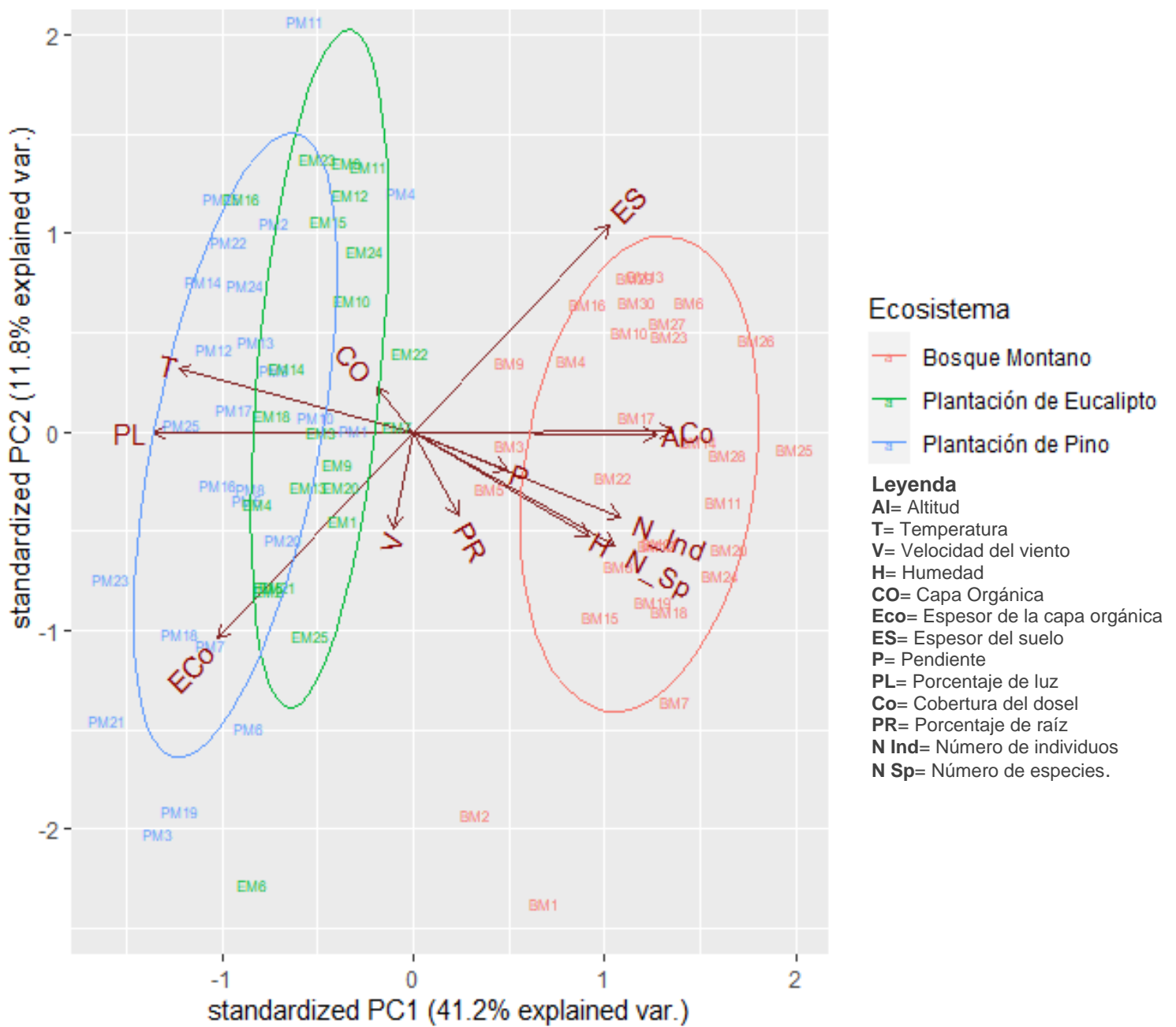


Figura 9. Gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP) de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para la capa orgánica.

### **6.2.2. Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo de la capa mineral**

Se evidenció patrones claramente definidos de relación de las variables físicas con el tipo de sustrato, para el caso del bosque montano y las plantaciones de *E. globulus* y *P. radiata*. Las variables físicas que más influyen en el componente 1 son: capa orgánica, espesor del suelo, pendiente, porcentaje de luz y en el componente 2 la velocidad del viento (Ver Figura 10).

En el bosque montano se observó que variables como: pendiente (P), humedad (H), espesor del suelo (ES), altitud (Al), capa orgánica (CO), número de especies (N Sp) y número de individuos (N ind) están muy relacionadas entre sí, ya que presentan ángulos muy pequeños entre sus vectores, siendo las variables: altitud, humedad, pendiente y espesor del suelo las más determinantes, lo que se traduce en la alta influencia y relación con el número de especies e individuos.

En las plantaciones forestales las variables de espesor de la capa orgánica (Eco), porcentaje de luz (PL) y temperatura (T) presentan relaciones muy estrechas, sin embargo, en el caso de la plantación *E. globulus* es el porcentaje de luz, temperatura y espesor de la capa orgánica quienes definen la presencia de las especies en el banco de semillas del suelo, mientras que en la plantación de *P. radiata* se destacan las variables: temperatura y porcentaje de luz.

Cabe destacar que la variable porcentaje de raíz no influye significativamente en ninguna cobertura analizada (Figura 10).

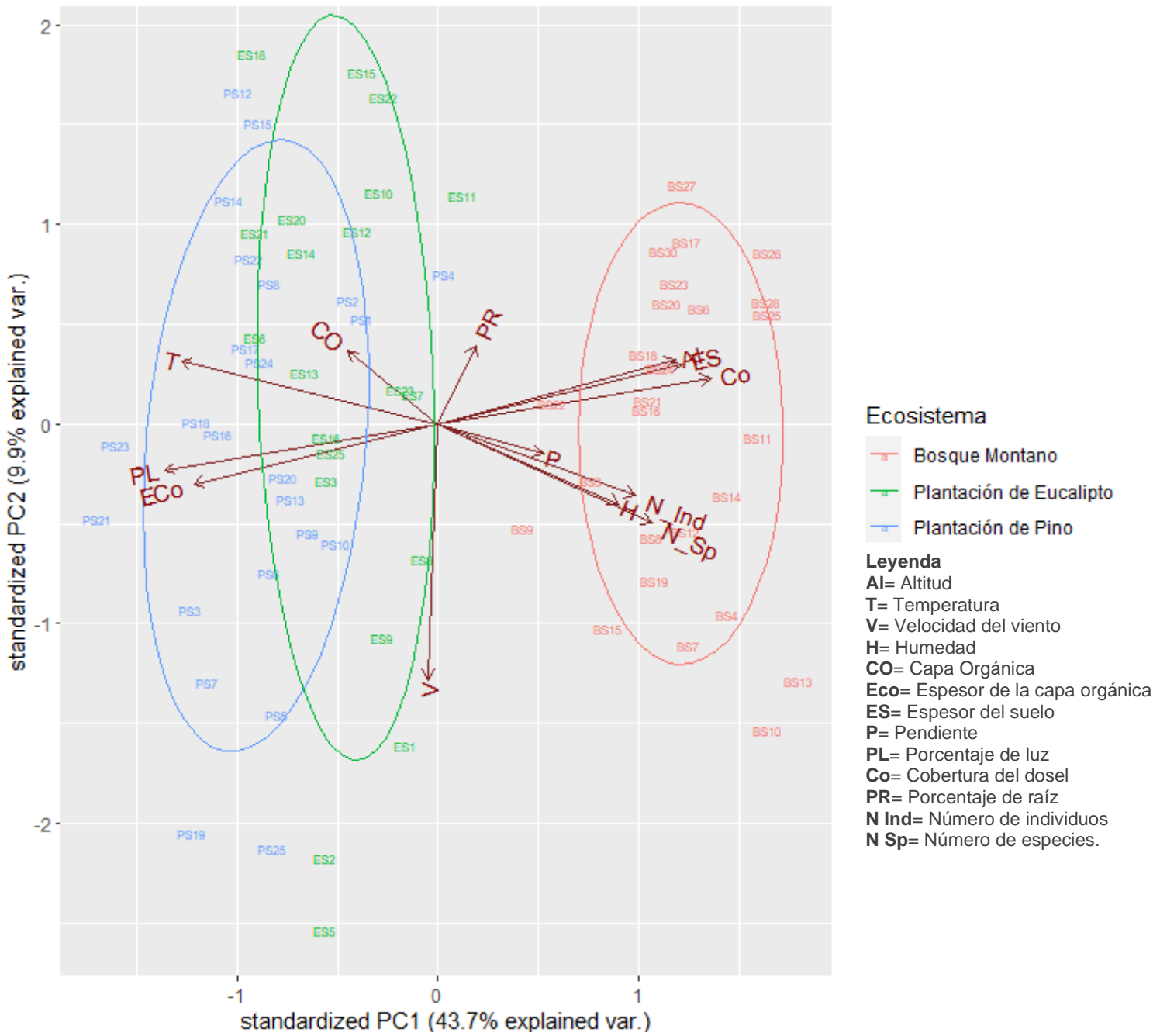


Figura 10. Gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP) de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para la capa mineral.

## 7. Discusiones

### 7.1. Composición florística del bosque montano y plantaciones forestales a partir de la colección de bancos de semillas del suelo

#### 7.1.1. Composición florística del banco de semillas del suelo

De las coberturas estudiadas, el bosque montano fue el más representativo con 1 112 individuos pertenecientes a 38 especies y 28 familias, seguido por la plantación de *E. globulus* con 233 individuos en 25 especies de 13 familias y por último la plantación de *P. radiata* con 68 individuos pertenecientes a 18 especies de 14 familias, estos resultados concuerdan con los reportados por Acosta y Vargas (2008), en un estudio de Bancos de Semillas Germinables (BSG) realizados en tres tipos de coberturas de un bosque andino colombino en la Reserva Forestal de Cogua (Cundinamarca).

Cabe destacar que para el caso del bosque montano, al comparar los resultados obtenidos en la composición con los reportados por Mocha (2020), se diferencian en cuanto al número de plántulas emergidas, más no en las especies y familias presentes en cada uno, esto se debe al periodo de monitoreo, ya que en el presente estudio fue más prolongado, sin embargo se difiere con Carrera (2019), ya que presenta en sus valores inferiores en cuanto al número de especies, individuos y familias que registró tanto en el bosque montano como la plantación en estudio del PUFVC lo que podría atribuirse a la época de recolección de las muestras de suelo y al método utilizado (extracción de muestras por barreno).

El BSS del bosque montano y las plantaciones, está dominado por especies herbáceas, seguidas de arbustos y árboles, resultados que concuerdan con los presentados por Carrera (2019). Al analizar el número de especies presentes tanto en la capa orgánica como en la mineral del suelo, se pudo determinar que la capa orgánica presenta más especies que la capa mineral, en donde se evidenció la dominancia de familias como: Asteraceae, Poaceae y Solanaceae, lo que concuerdan con lo reportado por Trujillo y Vargas (2007), quienes manifiestan que dichas familias son las dominantes en un bosque alto andino.

En cuanto a las especies abundantes entre las coberturas analizadas, fueron: *Cyperus rotundus*, *Tibouchina laxa*, *Phenax laevigatus*, *Oxalis spiralis*, *Solanum abitaguense* y *Calceolaria perfoliata*, el alto número de individuos de estas especies se debe a que en su mayoría presentan semillas pequeñas y su dispersión es anemócora, permitiendo así poseer una alta capacidad de colonizar y facilidad de establecimiento en nuevas áreas y formar rápidamente sus BSS persistentes (López et al., 2016).

La cercanía entre las coberturas, es un factor que coadyuva a la conformación del BSS ya que, se evidenció especies similares en los escenarios estudiados como: *Colignonia scandens*, *Oxalis spiralis*, *Pilea myriantha*, *Solanum abitaguense* y *Viola arguta*, resultados que coinciden con los presentados por Mocha (2020) para el bosque montano del PUFV. Díaz (2019) reporta a esas especies como abundantes y frecuentes creciendo en el estrato arbustivo lo que explica su presencia en los bancos de semillas analizados.

Al evaluar las especies vegetales del BSS dentro de la plantación de eucalipto existe un grupo de especies exclusivas que no se desarrollan en las otras coberturas estudiadas, tal es el caso de: *Bidens squarrosa*, *Aetheolaena heterophylla*, *Galinsoga quadriradiata*, *Ichnanthus* sp e *Ipomoea* sp, mismas que fueron reportadas como regeneración natural bajo plantaciones por Mejía y Moscoso (2010), de igual manera por Díaz (2019) quien estudió la regeneración natural de las plantaciones presentes en el PUFVC. Similar comportamiento ocurre con *Spermacoce remota*, *Prestonia* sp y *Palicourea* sp; especies que se identificaron en el banco de semillas del suelo, y que se están desarrollando de manera exclusiva en la plantación de pino, por su grado de tolerancia a las barreras físicas para el proceso de germinación que constituyen las acículas de pino en el sustrato.

La presencia de un menor número de especies en las plantaciones de pino puede atribuirse a la cantidad de acículas que se acumulan en el suelo y que podrían tener un efecto limitante en la viabilidad y germinación de las semillas que están en el banco de semillas del suelo, lo que coincide con lo manifestado por Huber et al. (2010), quienes sostienen que una condición que inhibe el crecimiento de especies bajo *Pinus radiata* es la existencia de acículas en el sotobosque.

La representatividad de especies nativas en la composición de los BSS de las plantaciones, sugiere que se puede implementar técnicas como enriquecimiento y nucleación con estas especies en plantaciones monoespecificas como un método factible, sin embargo, Aguirre et al. (2006) menciona que, falta desarrollar mejores modelos de manejo para utilizar todo el potencial que estos ambientes pueden facilitar y así transformar plantaciones en ecosistemas más diversos.

#### **7.1.2. Diversidad del banco de semillas del suelo**

El índice de Shannon y Pielow muestran que el banco de semillas del bosque montano PUFVC, presenta un valor de 2,76 y 0,40 respectivamente, que significa que la diversidad es media y homogénea en abundancia respectivamente, resultados que



concuerdan con Mocha (2020); y Muñoz et al. (2021) quienes obtuvieron una diversidad alfa similar.

En contraste con Carrera (2019), se evidencia diferencias con sus resultados, ya que reportó una diversidad específica baja de 1,25 y 0,54 para el bosque montano y plantaciones, lo que podría explicarse por la metodología de muestreo utilizada en su investigación.

Entre las dos coberturas evaluadas el bosque montano presenta mayor diversidad, seguido por la plantación de *E. globulus* siendo la plantación de *P. radiata* la que tiene menor número de especies, lo que concuerda con Cavelier y Santos (1999) quienes determinan que la baja diversidad específica de las plantaciones de *P. radiata* en comparación con un bosque nativo se debe a la acumulación de acículas y la alta biomasa de raíces finas bajo la plantación, puesto que estas actúan como limitante mecánica para el enterramiento de las semillas constituyendo así, uno de los principales factores que restringen el establecimiento de un número mayor de especies del bosque nativo. Similar explicación la brinda Díaz (2019) en su estudio de regeneración natural en plantaciones forestales en el PUFVC.

Así también, al comparar los datos de diversidad entre el bosque montano y la plantación de eucalipto, difieren siendo mayor el bosque, lo que podría atribuirse a la actividad alelopática que se presentan en las plantaciones de eucalipto a través de la liberación de toxinas hidrosolubles en el sustrato, que impide el desarrollo de flora herbácea e incluso plántulas del mismo género (Granados y López, 2007; Scaramuzzino et al., 2019).

## **7.2. Relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal**

Los factores ambientales en donde se desarrollan las especies influyen en su comportamiento. Al aplicar estadística multivariada se observó que la luz, influye significativamente en los BSS, ya que juega un papel importante en su establecimiento, dado que la mayoría de las especies germinan en presencia de luz o aparece éste como un requerimiento inducido al estar bajo el suelo (Wesson y Wareing, 1969a, 1969b). Aspecto que coincide con lo manifestado por Muñoz (2017) quien menciona que uno de los factores limitantes y determinantes en la regeneración natural de especies presentes en los bosques montanos es la luz.

Así también, la altitud es un factor fisiográfico determinante en la variación de la riqueza y composición de especies, lo cual también se ha evidenciado en varios estudios dentro

de la región andina a nivel local y regional (Girardin et al., 2013; Jadán et al., 2017; Tapia-Armijos, Homeier, Espinosa, Leuschner, y De La Cruz, 2015).

La altitud se considera un factor de peso, en lo que respecta a la cantidad de carbono orgánico del suelo (Jobbágy y Jackson, 2000; Tavant et al., 1994), lo que concuerda con los resultados obtenidos en el ACP. Mejía y Moscoso (2010) determinaron que la pendiente, confirma una considerable influencia en la oscilación en las variables C y N en condiciones de topografía accidentada, alta pedregosidad y constante erosión eólica e hídrica, similares a las del sitio de estudio.

Cabe resaltar que las variables relacionadas con el recurso suelo también influyen en los BSS, como la capa orgánica que para el caso del bosque influyó significativamente, no siendo el caso para las plantaciones, debido a que retienen menor cantidad de carbono en el suelo porque el nivel de carbono acumulado en la biomasa es mayor. (E. G. Jobbágy et al., 2006). Así también, Hofstede et al. (2002), afirma que bajo estas condiciones los árboles plantados causan una pérdida del carbono del suelo, siendo compensado de alguna manera por la acumulación de carbono en la biomasa, y afectando la capacidad de almacenamiento global de carbono del sistema. Estas afirmaciones revelan que uno de los factores limitantes para el establecimiento de otras especies es la falta de carbono orgánico en el suelo.

## 8. Conclusiones

- Las especies abundantes en el bosque montano fueron: *Phitolacca americana*, *Pilea myriantha*, *Tibouchina laxa*, *Phenax laevigatus*, *Cyperus rotundus*, *Acalypha diversifolia*, *Viola arguta* y *Calceolaria* sp; mientras que en las plantaciones forestales se destacan: *Solanum abitaguense*, *Calceolaria perfoliata*, *Oxalis spiralis* y *Senecio* sp.
- El banco de semillas del suelo del bosque montano presentó el mayor número de individuos, especies y familias botánicas, en contraste las plantaciones forestales presentaron menores valores, es decir los tipos de cobertura determinan la diversidad florística en los futuros remanentes vegetales.
- Para el tiempo monitoreado y bajo las condiciones desarrolladas, los BSS son altamente ventajosos en comunidades vegetales de arbustos y hierbas, esto se debe a que la germinación de sus semillas se da en periodos más cortos, soportan más alteraciones, cantidad de disturbios y su persistencia es mayor respecto a especies arbóreas.
- El banco de semillas del suelo en ambos tipos de cobertura se caracteriza por presentar una diversidad media y una distribución homogénea según los índices de diversidad de Shannon y de Pielow, sin embargo, el grado de similitud es bajo por lo que la presencia de especies exclusivas en cada tipo de cobertura es necesario de monitorear a lo largo del tiempo.
- En el Parque Universitario Francisco Vivar Castro, la altitud es un factor determinante en cuanto a las condiciones necesarias para la germinación de los BSS del bosque montano y plantaciones de *E. globulus* y *P. radiata*; debido principalmente al buen estado de conservación de los suelos en las zonas más altas.
- Una de las variables físicas que influye en el desarrollo del banco de semillas del suelo es la luz, pues esta juega un papel importante facilitando o limitando la germinación y el establecimiento de las plántulas, el Análisis de Componentes Principales denota que BBS provenientes de los sitios con mayor luz tuvieron mayores porcentajes de especies germinadas.

## 9. Recomendaciones

- Estudiar los mecanismos de dispersión de las especies presentes en estos tipos de ecosistemas a través de la lluvia de semillas.
- Incluir la variación temporal en los análisis relacionados con la disponibilidad del banco de semillas del suelo de este tipo de ecosistemas.
- Incluir otras variables físicas como la caracterización de propiedades edáficas especialmente las características físicas y químicas ya que podrían influenciar y determinar la presencia de algunas especies.

## 10. Bibliografía

- Acosta, M., y Vargas, O. (2008). Banco de Semillas Germinable. In O. Vargas (Ed.), *Estrategias para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino* (pp. 251–372). Universidad Nacional de Colombia.
- Aguirre Mendoza, Z., Yaguana, C., y Gaona, T. (2016). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Ing. Francisco Vivar Castro”. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
- Aguirre, N., Gaona, T., y Samaniego, C. (2019). Valoración ecológica y económica del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 26(1), 305–324. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26114>
- Aguirre, Nikolay, Gunter, S., Weber, M., y Stimm, B. (2006). Enrichment of *Pinus patula* plantations with native species in southern Ecuador. *Lyonia*, 10(1), 17–29.
- Aguirre, Z. (2001). Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por incendios forestales [Tesis maestría, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo]. Riobamba, Ecuador.
- Aguirre, Z. (2019). Métodos para medir la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja.
- Aguirre, Z., y Yaguana, C. (2014). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro (pp. 1–30). Universidad Nacional de Loja.
- Amaya, L. (2020). Introducción al Análisis de Componentes Principales en un curso de álgebra lineal. In Libro de resúmenes del II Encuentro Internacional de Matemática Universitaria y su Didáctica. Tecnológico de Costa Rica (TEC).
- Aquino, A. (2016). Banco de semillas del suelo y su importancia en la regeneración de un mosaico heterogéneo en el trópico seco de Veracruz [Tesis pregrado, Universidad Veracruzana]. Veracruz, Mexico. <https://www.uv.mx/mcef/files/2018/04/Tesis-Adriana-Aquino-A.-.pdf>
- Arroyo, D. (2018). Establecimiento de un banco de semillas del bosque Palictahua, en la provincia de Chimborazo, cantón Penipe, sector Aguas termales. [Tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Riobamba, Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador (2008). Constitución Política del Ecuador, 218. Montecristi, Ecuador.
- Audesirk, T., Audesirk, G., y Byers, B. E. (2008). Biología. La Vida en la Tierra (Octava

edi). Pearson Educación.

Bedoya, J., Estevez, J., y Castaño, G. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 77–91.

Bewley, J. D., y Black, M. (1982). Environmental Control of Germination. In *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination* (pp. 276–339). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-68643-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-68643-6_6)

Carrera, G. (2019). Banco de semillas del suelo en dos ecosistemas del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “Francisco Vivar Castro.” [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Loja, Ecuador.

Cavelier, J., y Santos, C. (1999). Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 775–784.

Chalan, L., y Feijo, F. (2002). Propuesta de Ordenamiento Territorial mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la Universidad Nacional de Loja-La Argelia. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Loja, Ecuador.

Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., y Lambin, E. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9), 1565–1596. <https://doi.org/10.1080/0143116031000101675>

Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (2007). Planeación estratégica: plantaciones forestales en el Ecuador. In *Ecuador Forestal* (pp. 1–18).

Cuesta, F., Peralvo, M., y Valarezo, N. (2009). Los Bosques Montanos de los Andes Tropicales. Programa Regional Ecobona-Intercoperation.

Dalling, J. W., y Denslow, J. S. (1998). Soil seed bank composition along a forest chronosequence in seasonally moist tropical forest, Panama. *Journal of Vegetation Science*, 9(5), 669–678. <https://doi.org/10.2307/3237285>

De La Cuadra, C. (1993). Germinación, latencia y dormición de las semillas. Dormición en las avenas locas (Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (ed.)).

Delgado, M. (2018). Caracterización del banco de semillas del suelo del bosque tropical

estacionalmente seco de Zapotillo. Universidad Técnica Particular de Loja.

- Díaz, E. (2019). Dinámica sucesional de la vegetación natural bajo plantaciones forestales de *Pinus* sp. y *Eucalyptus globulus* Labill, en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Loja, Ecuador
- Dominguez, K., y Romero, Y. (2017). Caracterización del banco de semillas germinable en áreas de bosque secundario y pastizales de piedemonte llanero, campus Loma Linda, Universidad Santo Tomás-Villavicencio. [Tesis pregrado, Universidad Santo Tomás]. Villavicencio, Colombia.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85.
- Dupuy, J. M., y Chazdon, R. L. (1998). Long-term effects of forest regrowth and selective logging on the seed bank of tropical forests in Costa Rica. *Biotropica*, 30(2), 223–237. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.1998.tb00057.x>
- Echeverria, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J. M., Lara, A., y Newton, A. (2006). Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation*, 130(4), 481–494. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.017>
- Espinoza, F. (2020). Dinámica sucesional de especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill., en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Provincia de Loja, Ecuador. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Loja, Ecuador.
- Forcella, F., Webster, T., y Cardina, J. (2007). Protocolos para la determinación de bancos de semillas de malezas en los agrosistemas. In I. FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Ed.), Manejo de malezas para países en desarrollo.
- García, A. (1991). La dispersión de las semillas. *Ciencias*, 24, 3-6. <https://www.revistaciencias.unam.mx/images/stories/Articles/24/CNS02402.pdf>
- Garwood, N. C. (1989). Tropical Soil Seed Banks: A Review. In *Ecology of Soil Seed Banks* (pp. 149–209). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-440405-2.50014-2>
- Girardin, C. A. J., Farfan-rios, W., Garcia, K., Feeley, K. J., Peter, M., Murakami, A. A., Pérez, L. C., Seidel, R., Claros, A. F. F., Maldonado, C., Silman, M., Salinas, N.,

- Reynel, C., Neill, D. A., Serrano, M., Caballero, C. J., Los, M. De, La, A., Cuadros, T., ... Malhi, Y. (2013). Plant Ecology y Diversity Spatial patterns of above-ground structure , biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. *Plant Ecology y Diversity*, 7(1--2), 1–11. <https://doi.org/10.1080/17550874.2013.820806>
- Glenn-Lewin, D., y Van Der Maarel, E. (1992). Patterns and processes of vegetation dynamics. In D. C. Gleen-Lewin, R. Peet, y T. Veblen (Eds.), *Plant Succesion – Theory and Prediction* (pp. 11–59). Chapman and Hall.
- González, L. (2020). Monitoreo de la sucesión de especies vegetales leñosas nativas bajo la plantación de *Pinus radiata* D. Dom, del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, provincia de Loja, Ecuador. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Loja, Ecuador.
- Granados, D., y López, G. (2007). Fitogeografía y ecología del género *Eucalyptus*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13(2), 143–156.
- Guevara, S., y Gómez, A. (1976). Determinación del contenido de semillas de una Selva Tropical de Veracruz, México. In A. Gómez, C. Vasquez, S. Del Almo, y A. Butanda (Eds.), *Regeneración de Selvas* (pp. 203–216). Compañía Editorial Continental.
- Hofstede, R. G. M., Groenendijk, J. P., Coppus, R., Fehse, J. C., y Sevink, J. (2002). Impact of pine plantations on soils and vegetation in the Ecuadorian high Andes. *Mountain Research and Development*, 22(2), 159–167. [https://doi.org/10.1659/0276-4741\(2002\)022 \[0159: IOPPOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1659/0276-4741(2002)022 [0159: IOPPOS]2.0.CO;2)
- Holl, K. D. (2002). Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology*, 90(1), 179–187. <https://doi.org/10.1046/j.0022-0477.2001.00637.x>
- Holp, K. D. (1999). Factors Limiting Tropical Rain Forest Regeneration in Abandoned Pasture: Seed Rain, Seed Germination, Microclimate, and Soil. *Biotropica*, 31(2), 229–242.
- Hopfensperger, K. N. (2007). A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos*, 116(9), 1438–1448. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15818.x>
- Huber, A., Iroumé, A., Mohr, C., y Frêne, C. (2010). Efecto de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* sobre el recurso agua en la Cordillera de la Costa de



la región del Biobío, Chile. *Bosque*, 31(3), 219–230. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000300006>

Jadán, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, Á., Zea, P., Castro, P., y Vaca, C. (2017). Forest communities in high Andean secondary forests (Azuay, Ecuador). *Bosque*, 38(1), 141–154.

Jobbágy, E. G., Vasallo, M., Farley, K., Piñeiro, G., Garbulsky, M., Nosoetto, M., Jackson, R., y Paruelo, J. (2006). Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *Agrociencia*, X(January), 109–124.

Jobbágy, E., y Jackson, R. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10(2), 423–436.

Jumbo, L. (2013). Dinámica temporal del banco de semillas del suelo de especies herbáceas en un bosque seco del suroeste del Ecuador. [Tesis pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. Loja, Ecuador.

López, A. M. R., Macías, N. B., y Gutiérrez, H. E. B. (2016). Banco de semillas en áreas disturbadas de bosque subandino en San Bernardo (Cundinamarca, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(2), 181–194. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a04>

Lozares, C., y Roldán, P. (1967). El análisis de componentes principales: aplicación al análisis de datos secundarios. *Revista de Sociología*, 37, 31–63.

Luzuriaga, A. L., Escudero, A., Olano, J. M., y Loidi, J. (2005). Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica*, 27(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2004.09.003>

Magurran, A. E. (1988). Diversity indices and species abundance models. *Ecological Diversity and Its Measurement*, 7–45. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0_2)

Mazón, M., y Aguirre, N. (2016). Resúmenes del Primer Congreso Ecuatoriano de Restauración (EDILOJA CÍ).

Mejía, J., y Moscoso, L. (2010). Efecto de las plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y pino (*Pinus patula*) en la recuperación del suelo y en la regeneración natural de la cuenca media del río Paute. [Tesis pregrado, Universidad del Azuay]. Cuenca, Ecuador.

Middleton, B. (2003). Soil seed banks and the potential restoration of forested wetlands

- after farming. *Journal of Applied Ecology*, 40(6), 1025–1034.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2003.00866.x>
- Mocha, J. (2020). Banco de semillas del suelo en el bosque montano en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Loja, Ecuador.
- Moreno, C. (2002). Métodos para medir la biodiversidad (Issue vol 1). MyT – Manuales y Tesis.
- Moreno, P. (2003). Vida y obra de granos y semillas (F. D. C. E. USA (ed.)).
- Muñoz-Chamba, L., Cabrera-Sinche, B., Muñoz, J., y Aguirre, Z. (2021). Parámetros poblacionales de tres especies de arboreas del bosque andino en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 128–147.
- Muñoz, J. (2017). Regeneración Natural : Una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Bosques de Latitud Cero*, 7(2), 130–143.
- Muñoz, J., Mocha, J., Quichimbo, L., Muñoz, L., y Aguirre, Z. (2021). Composición orística del banco de semillas del suelo en el bosque montano del Parque Universitario " Francisco Vivar Castro " de la ciudad de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 113–127.
- Muñoz, L. (2015). Ordenamiento Territorial del Parque Universitario PUEAR mediante SIG, Loja - Ecuador. [Tesis maestria, Universidad de Salzburg]. Salzburgo, Austria.
- Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2), 247–261.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a08>
- Oksanen, J., Guillaume, F., Friendly, M., Roeland, K., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O’Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, H., Szoecs, E., y Wagner, H. (2020). Community Ecology Package ‘vegan’ (2.5-7). R Foundation for Statistical Computing. <https://github.com/vegandevs/vegan>
- Palacio, F. X., Apodaca, M. J., y Crisci, J. V. (2020). Análisis multivariado para datos biológicos. Teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R (Primera ed).
- Peña, D. (2002). Analisis de Datos Multivariantes. Universidad Carlos III de Madrid.

- Pita, J., y Pérez, F. (1998). Germinación de semillas. *Hojas Divulgadoras*, 2092, 1–20.
- Ponce, L., y Montalván, H. (2005). Evaluación del Banco de semillas del suelo en tres sitios en diferentes etados sucesionales en un bosque seco secundario en Nandarola, Nandaime, Grandada. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Managua, Nicaragua.
- Quintana, P., Gonzalez, M., Ramirez, N., Dominguez, G., y Martinez, M. (1996). Soil Seed Banks and Regeneration of Tropical Rain Forest from Milpa Fields at the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 28(2), 192. <https://doi.org/10.2307/2389074>
- R Core Team. (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing (versión 4.1.2 (Bird Hippie)). R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Reiné, R. (1998). El banco de semillas del suelo en comunidades pratenses de montaña, con distintos regímenes de gestión agrícola. [Tesis pregrado, Universitat de Lleida]. Lleida, España
- Rodríguez-García, E., Juez, L., Bravo, F., y Guerra, B. F. (2007). Análisis de la regeneración natural de *Pinus pinaster* Ait . en los arenales de Almazán-Bayubas ( Soria , España ). *Investigación Agraria:Sistemas y Recursos Forestales*, 16(1), 25–38.
- Rojas, P. (2012). Evaluación del manejo , cumplimiento de objetivos y Actualización del Plan de Manejo del PUEAR . [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Loja]. Loja, Ecuador
- Sánchez, A. (2008). Análisis de Componentes Principales - Dualidad de espacios. Universidad Carlos III de Madrid.
- Saulei, S. M., y Swaine, M. D. (1988). Rain Forest Seed Dynamics During Succession at Gogol, Papua New Guinea. *The Journal of Ecology*, 76(4), 1133. <https://doi.org/10.2307/2260639>
- Scaramuzzino, R., Dalfonso, C., Gandini, M., y Lara, B. (2019). *Eucalyptus viminalis* Labill.( Myrtaceae ) naturalizada en la República Argentina. *Darwiniana*, 7(2), 342–351. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2019.72.843>
- Sione, S., Ledesma, S., Rosenberger, L., Wilson, M., y Sabatini, 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). *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 15(1), 87–104. <https://doi.org/10.14409/fa.v15i1.5875>
- Suárez, D., y Melgarejo, L. M. (2010). Biología y germinación de semillas. In Experimentos en fisiología vegetal (Primera ed). Universidad Nacional de Colombia.
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., y De La Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in south Ecuador since the 1970s - Losing a hotspot of biodiversity. *PLoS ONE*, 10(9), 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133701>
- Tavant, Y., Tavant, H., y Bruckert, S. (1994). Variation du carbone organique en fonction des propriétés des sols et de l'altitude dans le Jura. *Geoderma*, 61, 133–141.
- Tekle, K., y Tesfaye, B. (2000). The role of soil seed banks in the rehabilitation of degraded. *Biotropica*, 32(1), 23–32.
- Tolentino, L., Muñoz, D., y Parees, C. (2012). La semilla. Gobierno Regional de Agricultura.
- Trujillo, L., y Vargas, O. (2007). Bancos de semillas en bordes de bosque. In O. Vargas (Ed.), Estrategias para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino (p. 51).
- Varela, S., y Arana, V. (2010). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. INTA, 1–10.
- Vieira, I., Uhl, C., y Nepstad, D. (1994). The role of the shrub *Cordia multispicata* Cham. as a “succession facilitator” in an abandoned pasture, Paragominas, *Amazônia Vegetatio*, 115(2), 91–99. <https://doi.org/10.1007/BF00044863>
- Walck, J., Baskin, J., Baskin, C., y Hidayati, S. (2005). Defining transient and persistent seed banks in species with pronounced seasonal dormancy and germination patterns. *Seed Science*, 15(3), 189–196.
- Wesson, G., y Wareing, P. F. (1969a). The induction of light sensitivity in weed seeds by burial. *Journal of Experimental Botany*, 20(2), 414–425.
- Wesson, G., y Wareing, P. F. (1969b). The role of light in the germination of naturally occurring populations of buried weed seeds. *Journal of Experimental Botany*, 20(2), 402–413. <https://doi.org/10.1093/jxb/20.2.402>.

## 11. Anexos

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

N°	Código	Altitud	(X)	(Y)	t (°C)	vv (k/h)	h (%)	Co (%)	Eco (cm)	Es (cm)	P (%)	Ph	PI (%)	Cb%	Pr (%)
1	P1M1	2215	700357	9553516	19,2	2,9	78,3	100	5	5	48	5	19	81	30
2	P1M2	2216	700366	9553508	18,7	0,9	79,3	60	4	6	48	4,4	62	38	25
3	P1M3	2218	700357	9553496	18,7	0,9	81,7	100	3	7	48	4,9	39	61	35
4	P1M4	2221	700342	9553504	18,5	1,2	77,3	100	2	8	48	5	40	60	40
5	P1M5	2216	700354	9553505	19,3	1,8	75,7	100	3	7	48	4,5	46	54	30
6	P2M1	2256	700548	9553475	16,8	1,7	78,6	100	1	9	41	4,3	29	71	60
7	P2M2	2249	700552	9553463	16,8	1,7	78,6	100	3	7	41	4,6	31	69	45
8	P2M3	2242	700536	9553463	16,8	1,7	78,6	100	3	7	41	3,7	25	75	40
9	P2M4	2246	700529	9553473	16,8	1,7	78,6	100	2	8	41	4	63	37	30
10	P2M5	2251	700540	9553468	16,8	1,7	78,6	90	1,5	8,5	41	4,2	34	66	40
11	P3M1	2282	700638	9553454	17,2	1,4	77	100	2	8	55	4,7	25	75	60
12	P3M2	2285	700656	9553462	17,2	1,4	77	100	2,5	7,5	55	4,4	37	63	40
13	P3M3	2271	700659	9553451	17,2	1,4	77	90	1,5	8,5	55	3,7	29	71	30
14	P3M4	2277	700638	9553446	17,2	1,4	77	100	2	8	55	4,4	27	73	30
15	P3M5	2279	700642	9533448	17,2	1,4	77	100	3	7	55	5,4	52	48	30
16	P4M1	2332	700715	9553350	21,5	0,9	82,4	100	2	8	50	5,6	44	56	20
17	P4M2	2342	700726	9553349	21,5	0,9	82,4	100	2	8	50	4	36	64	70
18	P4M3	2347	700730	9553335	21,5	0,9	82,4	100	3	7	50	4,8	32	68	40
19	P4M4	2347	700712	9553335	21,5	0,9	82,4	100	3	7	50	4,6	47	53	10
20	P4M5	2340	700719	9553340	21,5	0,9	82,4	100	2,5	7,5	50	4,5	25	75	30
21	P5M1	2397	700973	9553508	20,8	1,3	76,6	100	3	7	44	3,9	33	67	30
22	P5M2	2394	700974	9553499	20,8	1,3	76,6	100	2,5	7,5	44	4,5	57	43	20
23	P5M3	2377	700962	9553501	20,8	1,3	76,6	100	2	8	44	3,6	27	73	30

N°	Código	Altitud	(X)	(Y)	t (°C)	vv (k/h)	h (%)	Co (%)	Eco (cm)	Es (cm)	P (%)	Ph	PI (%)	Cb%	Pr (%)
24	P5M4	2389	700951	9553515	20,8	1,3	76,6	100	2,5	7,5	44	3,8	37	63	40
25	P5M5	2394	700970	9553507	20,8	1,3	76,6	100	2	8	44	3,7	13	87	30
26	P6M1	2359	700816	9553522	21,3	0,8	80,9	100	1,5	8,5	48	4,9	21	79	40
27	P6M2	2362	700826	9553521	21,3	0,8	80,9	100	2	8	48	4,6	24	76	40
28	P6M3	2357	700826	9553506	21,3	0,8	80,9	100	1,5	8,5	48	5,1	40	60	70
29	P6M4	2355	700817	9553506	21,3	0,8	80,9	90	2	8	48	4,7	27	73	20
30	P6M5	2358	700816	9553512	21,3	0,8	80,9	100	2	8	48	4,2	32	68	30

t: temperatura vv: velocidad del viento h: humedad Co: Capa orgánica Eco: Espesor de la capa orgánica P: pendiente general PI: Porcentaje de luz Pr: Porcentaje de raíces Es: espesor del suelo Cb: Cobertura.

Anexo 2. Datos de muestras de suelo de la plantación de pino del PUFVC.

N°	Código	Altitud	(X)	(Y)	t (°C)	vv (k/h)	h (%)	Co (%)	Eco (cm)	Es (cm)	P (%)	PI (%)	CB (%)	Pr (%)
1	P1M1Ma	2173	700045	9553672	25,3	0	80,2	100	3,5	6,5	60,5	62	38	20
2	P1M2Ma	2181	700065	9553673	25,3	0	64,6	100	3	7	60,5	72	28	20
3	P1M3Ma	2179	700064	9553652	25,3	1,8	69,3	100	6	4	60,5	74	26	60
4	P1M4Ma	2172	700046	9553652	25,3	0	81,8	100	2,3	7,7	60,5	55	45	10
5	P1M5Ma	2177	700055	9553661	25,3	2,2	80	100	4	6	60,5	74	26	10
6	P2M1Ma	2188	700071	9553710	22,6	2	72,2	100	5	5	45	67	33	60
7	P2M2Ma	2195	700091	9553708	22,6	2,8	60,1	100	5	5	45	69	31	30
8	P2M3Ma	2192	700088	9553689	22,6	0	67,5	100	5	5	45	56	44	15
9	P2M4Ma	2186	700068	9553689	22,6	2,1	72,6	100	3	7	45	77	23	40
10	P2M5Ma	2188	7E+06	9553999	22,6	1,4	81,2	100	3,5	6,5	45	67	33	10
11	P3M1Ma	2185	700057	9553821	25,7	0	62,9	100	2	8	38	64	36	20
12	P3M2Ma	2191	700080	9553820	25,7	0	60,9	100	4	6	38	66	34	50
13	P3M3Ma	2193	700075	9553800	25,7	2,2	73,5	100	3	7	38	73	27	40
14	P3M4Ma	2186	700055	9553801	25,7	0	63,5	100	4	6	38	67	33	15
15	P3M5Ma	2189	700065	9553811	25,7	0	60,1	100	3	7	38	77	23	40
16	P4M1Ma	2199	700131	9553910	26,8	1,6	70,9	100	4	6	37	76	24	40
17	P4M2Ma	2206	700151	9553908	26,8	1,1	69,7	100	4	6	37	67	33	30
18	P4M3Ma	2207	700148	9553889	26,8	1,1	79,2	100	5	5	37	77	23	50
19	P4M4Ma	2199	700128	9553889	26,8	2,9	84	100	6	4	37	64	36	20
20	P4M5Ma	2200	700138	9553899	26,8	1,3	86,8	100	4	6	37	69	31	30
21	P5M1Ma	2179	700085	9553947	26,5	1,3	65,3	100	6	4	28,03	78	22	30
22	P5M2Ma	2190	700105	9553947	26,5	1,2	63,5	100	3	7	28,03	71	29	40
23	P5M3Ma	2188	700102	9553929	26,5	1,2	71,1	100	5	5	28,03	88	12	40
24	P5M4Ma	2184	700082	9553928	26,5	1,3	66,3	100	3	7	28,03	74	26	30
25	P5M5Ma	2186	700092	9553937	26,5	3	65,1	100	4	6	28,03	73	27	10

N°	Código	Altitud	(X)	(Y)	t (°C)	vv (k/h)	h (%)	Co (%)	Eco (cm)	Es (cm)	P (%)	PI (%)	CB (%)	Pr (%)
26	P1M1S	2173	700045	9553672	25,3	0	80,2	100	6,5	3,5	48	62	38	50
27	P1M2S	2181	700065	9553673	25,3	0	64,6	100	7	3	48	72	28	10
28	P1M3S	2179	700064	9553652	25,3	1,8	69,3	100	4	6	48	74	26	20
29	P1M4S	2172	700046	9553652	25,3	0	81,8	100	7,5	2,5	48	55	45	40
30	P1M5S	2177	700055	9553661	25,3	2,2	80	100	6	4	48	74	26	50
31	P2M1S	2188	700071	9553710	22,6	2	72,2	100	5	5	41	67	33	20
32	P2M2S	2195	700091	9553708	22,6	2,8	60,1	100	5	5	41	69	31	30
33	P2M3S	2192	700088	9553689	22,6	0	67,5	100	5	5	41	56	44	70
34	P2M4S	2186	700068	9553689	22,6	2,1	72,6	100	7	3	41	77	23	10
35	P2M5S	2188	7E+06	9553999	22,6	1,4	81,2	100	6,5	3,5	41	67	33	20
36	P3M1S	2185	700057	9553821	25,7	0	61,9	100	8	2	55	64	36	40
37	P3M2S	2191	700080	9553820	25,7	0	60,9	100	6	4	55	66	34	50
38	P3M3S	2193	700075	9553800	25,7	2,2	2,2	100	7	3	55	73	27	40
39	P3M4S	2186	700055	9553801	25,7	0	63,5	100	6	4	55	67	33	30
40	P3M5S	2189	700065	9553811	25,7	0	60,1	100	7	3	55	77	23	10
41	P4M1S	2199	700131	9553910	26,8	1,6	70,9	100	6	4	50	76	24	20
42	P4M2S	2206	700151	9553908	26,8	1,1	69,7	100	6	4	50	67	33	40
43	P4M3S	2207	700148	9553889	26,8	1,1	7,92	100	5	5	50	77	23	30
44	P4M4S	2199	700128	9553889	26,8	2,9	84	100	4	6	50	64	36	10
45	P4M5S	2200	700138	9553899	26,8	1,3	86,8	100	6	4	50	69	31	10
46	P5M1S	2179	700085	9553947	26,5	1,3	65,3	100	4	6	44	78	22	10
47	P5M2S	2190	700105	9553947	26,5	1,6	59,1	100	7	3	44	71	29	20
48	P5M3S	2188	700102	9553929	26,5	1,2	71,1	100	5	5	44	88	12	30
49	P5M4S	2184	700082	9553928	26,5	1,3	66,3	100	7	3	44	74	26	30
50	P5M5S	2186	700092	9553937	26,5	3	65,1	100	6	4	44	73	27	10

t: temperatura vv: velocidad del viento h: humedad Co: Capa orgánica Eco: Espesor de la capa orgánica P: pendiente general PI: Porcentaje de luz Pr: Porcentaje de raíces Es: espesor del suelo Cb: Cobertura.



Anexo 3. Datos de muestras de suelo de la plantación de eucalipto del PUFVC.

N°	Código	Altitud	(X)	(Y)	t (°C)	vv (k/h)	h (%)	Co (%)	Eco (cm)	Es (cm)	P (%)	PI (%)	CB (%)	Pr (%)
1	E1M1Ma	2188	700042	9553779	25,1	1,9	71,3	100	3,5	6,5	48	68	32	20
2	E1M2Ma	2190	700061	9553777	25,1	3	71,5	100	4	6	48	73	27	30
3	E1M3Ma	2188	700059	9553757	25,1	1,6	66,6	100	3	7	48	75	25	40
4	E1M4Ma	2180	700039	9553758	25,1	4,7	75,2	100	3,5	6,5	48	68	32	20
5	E1M5Ma	2186	700049	9553768	25,1	2,9	70,6	100	4	6	48	77	23	15
6	E2M1Ma	2174	700151	9553999	24,1	0	67,9	100	6	4	60,5	66	34	70
7	E2M2Ma	2210	700171	9553998	24,1	1,2	75,8	100	3	7	60,5	59	41	40
8	E2M3Ma	2209	700167	9553979	24,1	2	69,9	100	2	8	60,5	68	32	15
9	E2M4Ma	2201	700147	9553979	24,1	2,7	64,4	100	4	6	60,5	42	58	20
10	E2M5Ma	2204	700158	9553989	24,1	0	62	100	3,5	6,5	60,5	50	50	20
11	E3M1Ma	2222	700275	9553985	25,4	0	64,1	100	3	7	45	40	60	20
12	E3M2Ma	2226	700294	9553984	25,4	1	69,2	100	2	8	45	72	28	40
13	E3M3Ma	2221	700293	9553966	25,4	1,6	65,9	100	4	6	45	56	44	40
14	E3M4Ma	2220	700273	9553967	25,4	1,5	63,3	100	3	7	45	71	29	70
15	E3M5Ma	2221	700283	9553976	25,4	0	61,3	100	3	7	45	55	45	40
16	E4M1Ma	2230	700333	9553994	26,8	1,4	63,9	100	3	7	38	70	30	20
17	E4M2Ma	2232	700353	9553993	26,8	0	62,3	100	2	8	38	61	39	20
18	E4M3Ma	2227	700349	9553974	26,8	0	60,5	100	4	6	38	63	37	50
19	E4M4Ma	2182	700329	9553974	26,8	0	61	100	1	9	38	54	46	20
20	E4M5Ma	2225	700340	9553984	26,8	0	62,7	100	4	6	38	62	38	20
21	E5M1Ma	2239	700393	9554007	26,5	0	69,8	100	5	5	37	61	39	30
22	E5M2Ma	2243	700412	9554006	26,5	0	61,3	100	3	7	37	55	45	40
23	E5M3Ma	2237	700409	9553986	26,5	1,5	56,1	100	3	7	37	46	54	10
24	E5M4Ma	2235	700389	9553987	26,5	5	61,6	100	2	8	37	56	44	10
25	E5M5Ma	2238	700399	9553997	26,5	1,6	61,8	100	5	5	37	45	55	40

N°	Código	Altitud	(X)	(Y)	t (°C)	vv (k/h)	h (%)	Co (%)	Eco (cm)	Es (cm)	P (%)	PI (%)	CB (%)	Pr (%)
26	E1M1S	2188	700042	9553779	25,1	1,9	71,3	100	6,5	3,5	28	68	32	60
27	E1M2S	2190	700061	9553777	25,1	3	71,5	100	6	4	28	73	27	70
28	E1M3S	2188	700059	9553757	25,1	1,6	66,6	100	7	3	28	75	25	10
29	E1M4S	2180	700039	9553758	25,1	4,7	75,2	100	6,5	3,5	28	68	32	40
30	E1M5S	2186	700049	9553768	25,1	2,9	70,6	100	6	4	28	77	23	60
31	E2M1S	2174	700151	9553999	24,1	0	67,9	100	4	6	63,5	66	34	10
32	E2M2S	2210	700171	9553998	24,1	1,2	75,8	100	7	3	63,5	59	41	40
33	E2M3S	2209	700167	9553979	24,1	2	69,9	100	8	2	63,5	68	32	10
34	E2M4S	2201	700147	9553979	24,1	2,7	64,4	100	6	4	63,5	42	58	20
35	E2M5S	2204	700158	9553989	24,1	0	62	100	6,5	3,5	63,5	50	50	10
36	E3M1S	2222	700275	9553985	25,4	0	64,1	100	7	3	47,5	40	60	40
37	E3M2S	2226	700294	9553984	25,4	1	64,2	100	8	2	47,5	72	28	10
38	E3M3S	2221	700293	9553966	25,4	1,6	65,9	100	6	4	47,5	56	44	10
39	E3M4S	2220	700273	9553967	25,4	1,5	63,3	100	7	3	47,5	71	29	5
40	E3M5S	2221	700283	9553976	25,4	0	61,3	100	7	3	47,5	55	45	40
41	E4M1S	2230	700333	9553994	26,8	1,4	63,9	100	7	3	56,5	70	30	10
42	E4M2S	2232	700353	9553993	26,8	0	62,3	100	8	2	56,5	61	39	5
43	E4M3S	2227	700349	9553974	26,8	0	60,5	100	6	4	56,5	63	37	30
44	E4M4S	2182	700329	9553974	26,8	0	61	100	9	1	56,5	54	46	10
45	E4M5S	2225	700340	9553984	26,8	0	62,7	100	6	4	56,5	62	38	20
46	E5M1S	2239	700393	9554007	26,5	0	69,8	100	5	5	69	61	39	50
47	E5M2S	2243	700412	9554006	26,5	0	61,3	100	7	3	69	55	45	40
48	E5M3S	2237	700409	9553986	26,5	1,5	56,1	100	7	3	69	46	54	30
49	E5M4S	2235	700389	9553987	26,5	5	61,6	100	8	2	69	56	44	10
50	E5M5S	2238	700399	9553997	26,5	1,6	61,8	100	5	5	69	45	55	40

t: temperatura vv: velocidad del viento h: humedad Co: Capa orgánica Eco: Espesor de la capa orgánica P: pendiente general PI: Porcentaje de luz Pr: Porcentaje de raíces Es: espesor del suelo Cb: Cobertura

Anexo 4. Datos de índice de Shannon de bosque montano

<b>Nombre científico</b>	<b>N° Ind</b>	<b>Pi (n/N)</b>	<b>Pi*LN(Pi)</b>
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	48	0,0432	0,136
<i>Asteraceae</i> 1	1	0,0009	0,006
<i>Asteraceae</i> 2	2	0,0018	0,011
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers	1	0,0009	0,006
<i>Bidens</i> sp.	21	0,0189	0,075
<i>Bomarea isopetala</i> Kraenzl.	2	0,0018	0,011
<i>Calceolaria</i> sp.	11	0,0099	0,046
<i>Calceolaria</i> sp. 1	107	0,0962	0,225
<i>Calceolaria</i> sp. 2	3	0,0027	0,016
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	4	0,0036	0,020
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f	11	0,0099	0,046
<i>Cyperus rotundus</i> L.	215	0,1933	0,318
<i>Galium</i> sp. 1	9	0,0081	0,039
<i>Indeterminada</i> 1	2	0,0018	0,011
<i>Iresine</i> sp.	10	0,0090	0,042
<i>Iridaceae</i> 1	2	0,0018	0,011
<i>Iridaceae</i> 2	1	0,0009	0,006
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	11	0,0099	0,046
<i>Muehlenbeckia</i> sp. 1	9	0,0081	0,039
<i>Myrsine</i> sp. 1	2	0,0018	0,011
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav ex G. Don	19	0,0171	0,070
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz y Pav.) DC	8	0,0072	0,035
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd	122	0,1097	0,242
<i>Phitolacca americana</i> L.	55	0,0495	0,149
<i>Pilea myriantha</i> Killip.	67	0,0603	0,169
<i>Poaceae</i> 1	32	0,0288	0,102
<i>Rubus</i> sp. 1	27	0,0243	0,090
<i>Sida rhombifolia</i> L.	1	0,0009	0,006
<i>Solanaceae</i> sp. 1	15	0,0135	0,058
<i>Solanaceae</i> sp. 2	1	0,0009	0,006
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	3	0,0027	0,016
<i>Solanum</i> sp. 1	15	0,0135	0,058
<i>Solanum</i> sp. 2	5	0,0045	0,024
<i>Solanum</i> sp. 3	1	0,0009	0,006
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	163	0,1466	0,281
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schltld	1	0,0009	0,006
<i>Tournefortia</i> sp.	7	0,0063	0,032
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem y Chult	98	0,0881	0,214
<b>Total de especies</b>	<b>1112</b>		<b>2,690</b>

Anexo 5. Datos de índice de equitatividad del bosque montano

<b>Nombre científico</b>	<b>N° Ind</b>	<b>Shannon</b>	<b>Pielow</b>
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	48	2,76	<b>0,3935035</b>
Asteraceae 1	1		
Asteraceae 2	2		
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers	1		
<i>Bidens</i> sp.	21		
<i>Bomarea isopetala</i> Kraenzl.	2		
<i>Calceolaria</i> sp.	11		
<i>Calceolaria</i> sp. 1	107		
<i>Calceolaria</i> sp. 2	3		
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	4		
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f	11		
<i>Cyperus rotundus</i> L.	215		
<i>Galium</i> sp. 1	9		
Indeterminada 1	2		
<i>Iresine</i> sp.	10		
Iridaceae 1	2		
Iridaceae 2	1		
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	11		
<i>Muehlenbeckia</i> sp. 1	9		
<i>Myrsine</i> sp. 1	2		
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav ex G. Don	19		
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz y Pav.) DC	8		
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd	122		
<i>Phitolacca americana</i> L.	55		
<i>Pilea myriantha</i> Killip.	67		
Poaceae 1	32		
<i>Rubus</i> sp. 1	27		
<i>Sida rhombifolia</i> L.	1		
Solanaceae sp. 1	15		
Solanaceae sp. 2	1		
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	3		
<i>Solanum</i> sp. 1	15		
<i>Solanum</i> sp. 2	5		
<i>Solanum</i> sp. 3	1		
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	163		
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schltldl	1		
<i>Tournefortia</i> sp.	7		
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem y Chult	98		
<b>Total de especies</b>	1112	7,01	

Anexo 6. Datos de índice de Shannon de plantación de *E. globulus*

<b>Especies</b>	<b>N</b>	<b>Pi</b>	<b>Pi*Ln(Pi)</b>
<i>Senecio</i> sp	50	0,215	0,33
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	20	0,086	0,21
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	9	0,039	0,13
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	27	0,116	0,25
<i>Chloris</i> sp	14	0,060	0,17
<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	3	0,013	0,06
<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	4	0,017	0,07
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G.Don	9	0,039	0,13
<i>Peperomia</i> sp	11	0,047	0,14
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.)	1	0,004	0,02
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	1	0,004	0,02
<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	60	0,258	0,35
<i>Pilea myriantha</i> Killip.	2	0,009	0,04
<i>Ichnanthus</i> sp	3	0,013	0,06
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz y Pav.	4	0,017	0,07
<i>Ageratina</i> sp	2	0,009	0,04
<i>Ipomoea</i> sp	1	0,004	0,02
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	1	0,004	0,02
<i>Hydrocotyle humboldtii</i> A. Rich.	3	0,013	0,06
<i>Hyptis</i> sp	1	0,004	0,02
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1	0,004	0,02
<i>Mikania szyszlowiczii</i> Hieron.	1	0,004	0,02
<i>Galium</i> sp	3	0,013	0,06
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	1	0,004	0,02
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	1	0,004	0,02
<b>Total de especies</b>	<b>233</b>		<b>2,36</b>

Anexo 7. Datos de índice de equitatividad de la plantación de *E. globulus*

<b>Especies</b>	<b>Nº Ind</b>	<b>Índice de Shannon</b>	<b>Índice de Equitatividad</b>
<i>Senecio</i> sp	50	2,36	<b>0,43</b>
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	20		
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	9		
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	27		
<i>Chloris</i> sp	14		
<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	3		
<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	4		
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G. Don	9		
<i>Peperomia</i> sp	11		
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.)	1		
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	1		
<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	60		
<i>Pilea myriantha</i> Killip.	2		
<i>Ichnanthus</i> sp	3		
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz y Pav.	4		
<i>Ageratina</i> sp	2		
<i>Ipomoea</i> sp	1		
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	1		
<i>Hydrocotyle humboldtii</i> A. Rich.	3		
<i>Hyptis</i> sp	1		
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1		
<i>Mikania szyszlowiczii</i> Hieron.	1		
<i>Galium</i> sp	3		
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	1		
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	1		
<b>Total de especies</b>	<b>233</b>	<b>5,45</b>	

Anexo 8. Datos de índice de Shannon de plantación de *P. radiata*

<b>Especies</b>	<b>Nº Ind</b>	<b>Pi</b>	<b>Pi*Ln(Pi)</b>
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G.Don	17	0,25	0,35
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	3	0,04	0,14
<i>Ageratina</i> sp	1	0,01	0,06
<i>Prestonia</i> sp	1	0,01	0,06
<i>Senecio</i> sp	4	0,06	0,17
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1	0,01	0,06
<i>Mikania szyszlowiczii</i> Hieron.	3	0,04	0,14
<i>Palicourea</i> sp	2	0,03	0,10
<i>Chloris</i> sp	4	0,06	0,17
<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	4	0,06	0,17
<i>Pilea myriantha</i> Killip.	2	0,03	0,10
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	3	0,04	0,14
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	1	0,01	0,06
<i>Peperomia</i> sp	3	0,04	0,14
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	2	0,03	0,10
<i>Spermacoce remota</i> Lam.	4	0,06	0,17
<i>Galium</i> sp	11	0,16	0,29
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	2	0,03	0,10
<b>Total de especies</b>	<b>68</b>		<b>2,52</b>

Anexo 9. Datos de índice de equitatividad de la plantación de *P radiata*

<b>Especies</b>	<b>Nº Ind</b>	<b>Índice de Shannon</b>	<b>Índice de equitatividad</b>
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G.Don	17	2,52	<b>0,60</b>
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	3		
<i>Ageratina</i> sp	1		
<i>Prestonia</i> sp	1		
<i>Senecio</i> sp	4		
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1		
<i>Mikania szyszlowiczii</i> Hieron.	3		
<i>Palicourea</i> sp	2		
<i>Chloris</i> sp	4		
<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.	4		
<i>Pilea myriantha</i> Killip.	2		
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	3		
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	1		
<i>Peperomia</i> sp	3		
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.	2		
<i>Spermacoce remota</i> Lam.	4		
<i>Galium</i> sp	11		
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	2		
<b>Total de especies</b>	<b>68</b>	<b>4,22</b>	



Anexo 10. Datos del índice de similitud de Sorensen del banco de semillas del bosque montano y plantaciones

<b>Nombre científico</b>	<b>BM(A)</b>	<b>PE (B)</b>	<b>PP(C)</b>	<b>AvsB</b>	<b>AvsC</b>	<b>BvsC</b>
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz y Pav. ex G.Don	X	X	X	1	1	1
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth		X	X	0	0	1
<i>Ageratina</i> sp		X	X	0	0	1
<i>Prestonia</i> sp			X	0	0	0
<i>Senecio</i> sp		X	X	0	0	1
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	X	X	X	1	1	1
<i>Mikania szyszlowiczii</i> Hieron.		X	X	0	0	1
<i>Palicourea</i> sp			X	0	0	0
<i>Chloris</i> sp		X	X	0	0	1
<i>Calceolaria perfoliata</i> L.f.		X	X	0	0	1
<i>Pilea myriantha</i> Killip.	X	X	X	1	1	1
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	X	X	X	1	1	1
<i>Solanum abitaguense</i> S. Knapp	X	X	X	1	1	1
<i>Peperomia</i> sp		X	X	0	0	1
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.		X	X	0	0	1
<i>Spermacoce remota</i> Lam.			X	0	0	0
<i>Galium</i> sp		X	X	0	0	1
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	X		X	0	1	0
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	X	X		1	0	0
<i>Bidens squarrosa</i> Kunth		X		0	0	0
<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.		X		0	0	0
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers	X	X		1	0	0
<i>Ichnanthus</i> sp		X		0	0	0
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz y Pav.		X		0	0	0
<i>Ipomoea</i> sp		X		0	0	0
<i>Hydrocotyle humboldtii</i> A. Rich.		X		0	0	0
<i>Hyptis</i> sp		X		0	0	0
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	X	X		1	0	0
<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	X	X		1	0	0
<i>Asteraceae 1</i>	X			0	0	0
<i>Asteraceae 2</i>	X			0	0	0
<i>Bidens</i> sp.	X			0	0	0
<i>Bomarea isopetala</i> Kraenzl.	X			0	0	0
<i>Calceolaria</i> sp.	X			0	0	0
<i>Calceolaria</i> sp. 1	X			0	0	0
<i>Calceolaria</i> sp. 2	X			0	0	0
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f	X			0	0	0
<i>Cyperus rotundus</i> L.	X			0	0	0
<i>Galium</i> sp. 1	X			0	0	0
<i>Indeterminada 1</i>	X			0	0	0

<b>Nombre científico</b>	<b>BM(A)</b>	<b>PE (B)</b>	<b>PP(C)</b>	<b>AvsB</b>	<b>AvsC</b>	<b>BvsC</b>
<i>Iresine</i> sp.	X			0	0	0
<i>Iridaceae</i> 1	X			0	0	0
<i>Iridaceae</i> 2	X			0	0	0
<i>Muehlenbeckia</i> sp. 1	X			0	0	0
<i>Myrsine</i> sp. 1	X			0	0	0
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz y Pav.) DC	X			0	0	0
<i>Phitolacca americana</i> L.	X			0	0	0
<i>Poaceae</i> 1	X			0	0	0
<i>Rubus</i> sp. 1	X			0	0	0
<i>Sida rhombifolia</i> L.	X			0	0	0
<i>Solanaceae</i> sp. 1	X			0	0	0
<i>Solanaceae</i> sp. 2	X			0	0	0
<i>Solanum</i> sp. 1	X			0	0	0
<i>Solanum</i> sp. 2	X			0	0	0
<i>Solanum</i> sp. 3	X			0	0	0
<i>Tinantia erecta</i> (Jacq.) Schltidl	X			0	0	0
<i>Tournefortia</i> sp.	X			0	0	0
Total=57	38	25	18	9	6	14
	<b>Sorensen</b>			28%	21 %	65%

Anexo 11. Registro fotográfico del bosque montano bajo del PUFVC



a) *Tibouchina laxa* b) *Rubus* sp1

c) *Solanum* sp1



d) *Cyperus rotundus* e) *Iridaceae* 1 f) *Poaceae* 1 g) *Bomarea isopetala*



h) *Phytolacca americana* i) *Solanum* sp2 j) *Calceolarea* sp1 k) *Asteraceae* 1



l) *Muehlenbeckya* sp1 m) *Colgnonia scandens* n) *Myrsine* sp1 ñ) *Pilea myriantha*



o) *Phenax larvigatus* p) *Palicourea amethystina* q) *Tournerfortia* sp



r) *Solanum* sp3

s) *Tinantia erecta* t) *Viola arguta* u) *Calceolaria* sp2



Anexo 12. Registro fotográfico de las plantaciones de Eucalipto y Pino



a) *Palicourea* sp b) *Hydrocotyle humboltii* c) *Colignonia scandens*



d) *Viola arguta* e) *Baccharias latifolia* f) *Galinsoga quadriradiata*



g) *Acalipha diversifolia* h) *Aetheolaena heterophylla* i) *Ageratina* sp.



j) *Calceolarea perfoliata* k) *Peperomia* sp. l) *Tibouchina laxa*



m) *Spermacae remoty*

n) *Solanum abitaguense*



ñ) *Senecio* sp o) *Hyptis* sp p) *Chloris* sp.



p) *Pilea myriantha* q) *Lepechina mutica* r) *Galium* sp



s) *Ipomoea* sp.

t) *Muehlenbeckia tamnifolia* u) *Oxalis spiralis*



Anexo 13. Toma de muestras y registro de variables ambientales



Anexo 14. Código en R utilizado para la obtención del gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP), de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para el sustrato.

### **#Análisis de Componentes Principales**

#PRIMER PASO

##Primer paso: Exportamos el archivo en CSV ó Excel

```
data<-Sustrato
```

```
data1<-data.frame(data)
```

#SEGUNDO PASO

#A los nombres de las filas de data1 le asignamos los

#nombres de zona

```
rownames(data1)<-data1$Cdg.
```

```
data1
```

#TERCER PASO

#Excluimos la primera columna dado que es cualitativa

#cor=TRUE #Se usará la matriz de correlaciones, dado que son unidades diferentes

```
data2<-princomp(data1[,c(-1,-2,-3)], cor = TRUE)
```

#Para ver los eigenvalues: Número componentes se escoge en función

#a los eigenvalues: # Componentes = #eigenvalues mayores a 1

```
data2$sd^2
```

```
summary (data2, loadings=TRUE)
```

```
biplot(data2)
```

#QUINTO PASO

#De los resultados, colocamos los datos de las CP1, CP2

#main,xlab,yalb

```
biplot(data2,
```

```
  main="Análisis de componentes Principales",
```

```
  xlab="Componente 1.(43.50%)",
```

```
  ylab="Componente 2 (9.70%)",arrow.len = 0.1,lwd=1)
```

```
biplot(data2,
```

```
  main="Análisis de Componentes Principales",
```

```
  xlab="Componente 1.(43.50%)",
```

```
  ylab="Componente 2 (9.70%)",arrow.len = 0.1,lwd=1)
```



```
library(devtools)
install_github("vqv/ggbiplot")
# Dar vacío si te pregunta, No compilar
library(ggbiplot)
library(ggforce)
DATOS<-data1[,-c(1,2,3)]
# Quitamos los datos
DATOS
DATOS.pca<-prcomp(DATOS,center = TRUE,scale. = TRUE)
site.groups1<-data1$Ecosistema
ggbiplot(DATOS.pca, labels=rownames(DATOS),
groups = site.groups1,
ellipse = TRUE,
circle = FALSE)
ggbiplot(DATOS.pca, labels=rownames(DATOS),
groups = site.groups1, ellipse = TRUE, circle = FALSE,
labels.size=5,varname.size = 5) +
scale_color_discrete(name = 'Ecosistema') +
theme(legend.direction = 'vertical', legend.position = 'right')
```

Anexo 15. Código en R utilizado para la obtención del gráfico de Análisis de Componentes Principales (ACP), de la relación de variables físicas y su influencia en el banco de semillas del suelo en dos tipos de cobertura vegetal, para el mantillo.

### **#Análisis de Componentes Principales**

```
#PRIMER PASO
```

```
##Primer paso: Exportamos el archivo en CSV ó Excel
```

```
data<-Mantillo
```

```
data1<-data.frame(data)
```

```
#SEGUNDO PASO
```

```
#A los nombres de las filas de data1 le asignamos los
```

```
#nombres de zona
```

```
rownames(data1)<-data1$Cdg.
```

```
data1
```

```
#TERCER PASO
```

```
#Excluimos la primera columna dado que es cualitativa
```

```
#cor=TRUE #Se usará la matriz de correlaciones, dado que son unidades diferentes
```

```
data2<-princomp(data1[,c(-1,-2,-3)], cor = TRUE)
```

```
#Para ver los eigenvalues: Número componentes se escoge en función
```

```
#a los eigenvalues: # Componentes = #eigenvalues mayores a 1
```

```
data2$sd^2
```

```
summary(data2,loadings=TRUE)
```

```
biplot(data2)
```

```
#QUINTO PASO
```

```
#De los resultados, colocamos los datos de las CP1, CP2
```

```
#main,xlab,yalb
```

```
biplot(data2,
```

```
main="Análisis de componentes Principales",
```

```
xlab="Componente 1.(41.80%)",
```

```
ylab="Componente 2 (11.00%)",arrow.len = 0.1,lwd=1)
```

```
biplot(data2,
```

```
main="Análisis de Componentes Principales",
```

```

xlab="Componente 1.(41.80%)",
ylab="Componente 2 (11.00%)",arrow.len = 0.1,lwd=1)
library(devtools)
install_github("vqv/ggbiplot")
# Dar vacío si te pregunta, No compilar
library(ggbiplot)
library(ggforce)
DATOS<-data1[,-c(1,2,3)]
# Quitamos los datos
DATOS
DATOS.pca<-prcomp(DATOS,center = TRUE,scale. = TRUE)
site.groups1<-data1$Ecosistema
ggbiplot(DATOS.pca, labels=rownames(DATOS),
groups = site.groups1,
ellipse = TRUE,
circle = FALSE)
ggbiplot(DATOS.pca, labels=rownames(DATOS),
groups = site.groups1, ellipse = TRUE, circle = FALSE,
labels.size=5,varname.size = 5) +
scale_color_discrete(name = 'Ecosistema') +
theme(legend.direction = 'vertical', legend.position = 'right')

```