



1859



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Maestría en Restauración de Paisajes Tropicales

Transposición de suelos como técnica de restauración de vegetación degradada en un ecosistema andino de la hoya de Loja

Trabajo de Titulación previa a la
obtención del título de Magister en
Restauración de Paisajes Tropicales

AUTOR:

Ing. Leonardo Paúl González Niveló

DIRECTOR:

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 17 de diciembre de 2023

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Transposición de suelos como técnica de restauración de vegetación degradada en un ecosistema andino de la Hoya de Loja**, previo a la obtención del título de **Magíster en Restauración de Paisajes Tropicales**, de la autoría del estudiante **Leonardo Paúl González Niveló**, con cédula de identidad Nro. **1900822329**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Leonardo Paúl González Niveló**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de identidad: 1900822329

Fecha: 13 de junio de 2024

Correo electrónico: lpgonzaleznv@gmail.com

Teléfono: 0959669846

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación

Yo, **Leonardo Paúl González Niveló**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Transposición de suelos como técnica de restauración de vegetación degradada en un ecosistema andino de la hoya de Loja**, como requisito para optar por el título de **Magister en Restauración de Paisajes Tropicales**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio 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 del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de junio del dos mil veinticuatro.

Firma:

Autor: Leonardo Paúl González Niveló

Cédula de identidad: 1900822329

Dirección: La Argelia, Loja

Correo electrónico: lpgonzaleznv@gmail.com

Teléfono: 0959669846

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

Dedicatoria

Todo el esfuerzo empleado en el trayecto de la maestría y este trabajo de investigación, se lo dedico a mi padre Sr. Luis Antonio González Guamán que es un hombre ejemplar de muchas batallas y a mi hermana Mercedes González quienes han sido un ejemplo de superación y apoyo incondicional en los tiempos buenos y malos. A mi familia paterna y materna por el aprecio y confianza depositada en las decisiones que he tomado. A mis amistades por brindarme sus palabras de aliento y compartir sus experiencias profesionales.

Además, dedico este esfuerzo a mis docentes de pregrado de la Carrera de Ingeniería Forestal y posgrado que, han contribuido en mi formación para llegar a ser profesional. Y que, con el transcurso de la vida profesional se han construido buenos lazos de amistad.

Leonardo Paúl González Niveló

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la salud y sabiduría brindada en el trayecto de formación en la maestría, por permitirme llegar lejos y contribuir de manera positiva en la sociedad. A mi padre y hermana por el apoyo incondicional y confianza depositada en que logro las metas que me propongo. Agradezco a ellos, por enseñarme a ser fuerte, no rendirme ante los tropiezos y adquirir buenos valores morales. Siempre vivirán en mi memoria, los amo.

Agradezco a los docentes del programa de maestría por habernos impartido sus conocimientos; a mi tutor Ing. Luis Muñoz por haberme impulsado y guiado a desarrollar y culminar mi trabajo de titulación. A la Universidad Nacional de Loja por promover los programas de maestría que son de gran ayuda para fortalecer la formación continua de los profesionales del país.

Leonardo Paúl González Niveló

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Restauración ecológica (RE)	6
4.1.1. Términos utilizados en la restauración	6
4.1.2. Principios de la restauración.....	8
4.1.3. El continuo de la restauración ecológica	8
4.1.4. Barreras de la restauración	9
4.1.5. Estrategias de restauración ecológica	9
4.2. Sucesión primaria y secundaria	10
4.3. Banco de semillas	10
4.4. Transposición de suelos	11
4.4.1. Consideraciones para aplicar la transposición de suelo.....	11
4.4.2. Protocolo empleado para la transposición de suelo.....	12
4.4.3. Experiencias de la transposición de suelo	12
5. Metodología	15
5.1. Área de estudio	15
5.1.1. Descripción del sitio y caracterización de los agentes causantes del disturbio del área degradada	15
5.1.2. Descripción de los tipos de cobertura vegetal en estudio del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	16

5.2. Evaluación del aporte a la diversidad específica mediante la técnica de transposición de suelos provenientes de tres tipos de cobertura vegetal	17
5.2.1. Selección de los tipos de cobertura vegetal	17
5.2.2. Selección y transporte de suelo de las tres coberturas vegetales	18
5.2.3. Preparación del sitio y transposición del suelo	18
5.2.4. Arreglo espacial de la transposición de suelo de cada tipo de cobertura .	18
5.2.5. Monitoreo de la transposición de suelo de cada tipo de cobertura	19
5.2.6. Sobrevivencia de plántulas en las transposiciones de suelo	19
5.2.7. Cálculo del aporte a la diversidad específica de la transposición de suelo de cada tipo de cobertura	19
5.2.8. Evaluación de la cobertura en las transposiciones de suelo	21
5.3. Comparación de la vegetación obtenida con la técnica de transposición de suelos de tres tipos de cobertura vegetal con su respectiva vegetación de origen	21
5.3.1. Caracterización de las condiciones biológicas y físicas de los sitios de referencia y área degradada	21
5.3.2. Comparación de la vegetación presente en los sitios de referencia con la vegetación de la transposición del suelo	22
5.3.3. Análisis e interpretación de la información	22
6. Resultados	23
6.1. Aporte a la diversidad específica mediante la técnica de transposición de suelos como potencial para la recuperación de áreas degradadas por actividades agrícolas	23
6.1.1. Sobrevivencia	23
6.1.2. Composición florística de las transposiciones de suelo por tipo de cobertura vegetal	24
6.1.3. Parámetros estructurales por tipo de cobertura	26
6.1.4. Diversidad específica	29
6.1.5. Dinámica de la vegetación en las transposiciones de suelo de los tres tipos de cobertura vegetal	30
6.1.5.1. Curvas de germinación de las transposiciones de suelo	30
6.1.5.2. Cobertura de las transposiciones de suelo	31
6.2. Comparación de la vegetación de las transposiciones de suelos por tipo de cobertura vegetal	33
6.2.1. Similitud de la vegetación entre la transposición de suelos y su vegetación de origen	33

6.2.2. Similitud de la vegetación entre las transposiciones de suelo.....	34
6.2.3. Comparación de las condiciones físicas de los sitios de referencia en cada tipo de cobertura.....	35
7. Discusión.....	38
7.1. Composición florística de las transposiciones de suelo.....	38
7.2. Parámetros estructurales de las transposiciones de suelo.....	39
7.3. Sobrevivencia de la vegetación de las transposiciones de suelo.....	40
7.4. Diversidad específica de las transposiciones de suelo.....	41
7.5. Dinámica de la vegetación en las transposiciones de suelo.....	41
7.6. Comparación de la vegetación de las transposiciones de suelo.....	43
7.7. Comparación de las condiciones físicas de los sitios de referencia.....	44
8. Conclusiones.....	46
9. Recomendaciones.....	47
10. Bibliografía.....	48
11. Anexos.....	55

Índice de tablas:

Tabla 1. Parámetros y clasificación para determinar los agentes del disturbio del área degradada.	16
Tabla 2. Parámetros estructurales de la vegetación aplicados a la vegetación obtenida en las transposiciones de suelos.	20
Tabla 3. Sobrevivencia por especies y transposición de suelo de cada tipo de cobertura vegetal.	23
Tabla 4. Sobrevivencia en las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal.	24
Tabla 5. Composición florística de las transposiciones de suelo de los tipos de cobertura vegetal y testigo en un área degradada por actividad de agricultura en el matorral andino del PUFVC.	25
Tabla 6. Parámetros estructurales de la vegetación de la transposición de suelo del bosque. .	27
Tabla 7. Parámetros estructurales de la vegetación de la transposición de suelo del matorral.	27
Tabla 8. Parámetros estructurales de la vegetación de la transposición de suelo de sucesión.	28
Tabla 9. Parámetros estructurales de la vegetación del testigo.	28
Tabla 10. Valores e interpretación de los índices de diversidad Shannon y Pielou de las transposiciones por cada tipo de cobertura.	29
Tabla 11. Análisis de Varianza de la diversidad específica de las transposiciones de suelo y testigo en el área degradada por actividad agrícola.....	29
Tabla 12. Porcentaje de cobertura por especie en cada tipo de transposición de suelo establecido en el área degradada por agricultura.	31
Tabla 13. Similitud de especies entre los sitios de referencia y las transposiciones de suelo en el área degradada por actividad agrícola.	33
Tabla 14. Similitud de especies entre las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal.	34
Tabla 15. Valores promedio de las condiciones físicas y químicas de los sitios de referencia de cada tipo de cobertura vegetal y área degradada por actividades agrícolas.	36
Tabla 16. ANOVA de las condiciones edáficas de los sitios de referencia de cada tipo de cobertura vegetal y área degradada por actividades agrícolas.	36

Índice de figuras:

Figura 1. Representación ideal del continuo de la restauración ecológica (Gann et al., 2019).	9
Figura 2. Establecimiento y aporte de la transposición de suelos en la restauración de un ecosistema degradado (Ramírez-Soto et al., 2022).	11
Figura 3. Ubicación del ecosistema andino intervenido por actividades antrópicas y transposición de suelos.	15
Figura 4. Diseño experimental para la transposición de suelo provenientes de tres tipos de cobertura vegetal.	19
Figura 5. Análisis de correspondencia de la composición florística de las transposiciones del suelo por tipo de cobertura y testigo.	26
Figura 6. Comparación de los índices de diversidad entre las transposiciones de suelo y testigo.	29
Figura 7. Curvas de rarefacción para la proyección de riqueza esperada en las transposiciones de suelos y testigo. a) riqueza= q_0 ; b) Shannon = q_1 y c) Pielou = q_2	30
Figura 8. a) Dinámica del banco de semillas por hábitos de crecimiento y b) por tipo de cobertura considerando cada mes de monitoreo. Nota: no se consideró el testigo debido a que la información se recopiló únicamente al finalizar el monitoreo.	31
Figura 9. Número de especies por categorías de cobertura obtenidas en las transposiciones de suelo. r= individuos raros con uno o pocos individuos; += poca abundancia y débil cobertura < 5 %; 1= abundante con cobertura baja < 5 %; 2= medianamente abundante entre 5-25 % de cobertura; 3= 25-50 % de cobertura; 4= 50-75 % de cobertura; 5= 75-100 % de cobertura...	33
Figura 10. Dendrograma de similitud con el índice de Sorensen de los sitios de referencia versus las transposiciones de suelo. BR= bosque referencia; BT= bosque transposición; MR= matorral referencia; MT= matorral referencia; SR= sucesión referencia; ST= sucesión transposición; T= testigo; TR= testigo referencia	34
Figura 11. Dendrograma de similitud con el índice de Sorensen entre las transposiciones de suelo. B= bosque; M= matorral; S= sucesión; T= testigo	35
Figura 12. Análisis de varianza de las propiedades físicas y químicas de los sitios de referencias y área degradada por actividades de agricultura. Letras iguales no son significativamente diferentes ($\alpha > 0,05$).	37

Índice de anexos:

Anexo 1. Caracterización de los agentes del disturbio en el área degradada por agricultura. .	55
Anexo 2. Actividades de agricultura no intensiva previas al abandono del sitio de estudio....	56
Anexo 3. Preparación del terreno para la trasposición de suelos de los tres tipos de cobertura vegetal.	56
Anexo 4. Hoja de campo para el monitoreo de las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal establecidas en el área degradada.	57
Anexo 5. Monitoreo de las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal establecidas en el área degradada.	57
Anexo 6. Evaluación de la cobertura de la vegetación de cada transposición mediante el método de Braun Blanquet.	58
Anexo 7. Caracterización de las condiciones físicas y biológicas de los sitios de referencia y área degradada.	58
Anexo 8. Abundancias de individuos vivos y muertos por especies y tipo de cobertura.....	59
Anexo 9. Listado de la composición florística caracterizada en los sitios de referencia de cada tipo de cobertura y área degradada.	60
Anexo 10. Características físicas y químicas de los suelos de los sitios de referencias de cada tipo de cobertura vegetal.	64
Anexo 11. Certificado de traducción del resumen del Trabajo de Titulación.	65

1. Título

Transposición de suelos como técnica de restauración de vegetación degradada en un ecosistema andino de la Hoya de Loja

2. Resumen

Los bosques se han reducido producto de las actividades antrópicas, lo que ha provocado la pérdida de cobertura vegetal y la degradación de la tierra. El presente estudio tiene el objetivo de evaluar el aporte a la diversidad específica utilizando la técnica de transposición de suelos como alternativa para restaurar áreas degradadas por actividades agrícolas. Se seleccionó tres sitios de referencia: bosque, matorral y sucesión, de las cuales se obtuvo 5 muestras de suelo con dimensiones de 30 * 30 cm y 5 cm de profundidad, posteriormente fueron trasladadas en bloques aleatorizados en el área degradada por agricultura. Se realizó el monitoreo (7 meses) del banco de semillas en las transposiciones, en donde, se evaluó el aporte de la diversidad mediante la composición florística, parámetros estructurales, sobrevivencia, índices diversidad, dinámica de la vegetación (germinación, cobertura) y similitud. Adicionalmente, se caracterizó las condiciones biológicas y edáficas como textura, densidad aparente, porosidad, pH, materia orgánica y carbono de los sitios de referencia. El bosque y la sucesión aportaron mayor diversidad con especies herbáceas y arbustivas, principalmente de las familias Asteraceae, Solanaceae y Cyperaceae, y como única arbórea Siparunaceae. La sucesión y bosque, reportaron una alta sobrevivencia (> 80 %), contrario al matorral con sobrevivencia media (~50 %); la cobertura estuvo dominada por *Acalypha stenoloba*, *Erigeron canadensis*, *Phytolacca bogotensis*, *Oxalis corniculata*. Además, el bosque y sucesión reportaron alta similitud en su composición florística. Los tres sitios de referencia se caracterizaron por presentar suelos francos, franco – arcillosos y ácidos. El matorral presentó baja densidad aparente (< 1), alta materia orgánica, carbono y porosidad, contrario al bosque y sucesión. Finalmente, se determinó que la transposición de suelos es potencial para la restauración, dado que acelera los procesos sucesionales permitiendo el establecimiento de futuras comunidades con especies nativas y de interés ecológico.

Palabras claves: diversidad específica, técnicas de nucleación, restauración activa, sitios de referencia, sucesión ecológica.

Abstract

Forests have been reduced as a result of anthropogenic activities, which has caused the loss of vegetation and land degradation. This research aims to evaluate the contribution to specific diversity using the soil transposition technique as an alternative to restore areas degraded by agricultural activities. Three reference areas were selected: forest, shrub thicket and succession, in which 5 soil samples were obtained, with dimensions of 30 * 30 cm and 5 cm deep, subsequently they were translocated in the degraded area by the agriculture in some random blocks. The seed bank was monitoring during seven months in the transpositions, where the diversity contribution was evaluated through floristic composition, structural parameters, survival, diversity indices, vegetation dynamics (germination, coverage) and similarity. Additionally, the biological and edaphic conditions were characterized such as: texture, apparent density, porosity, pH, organic matter and carbon in the reference area. The forest and succession provided greater diversity with herbaceous and shrubby species, mainly from the families Asteraceae, Solanaceae and Cyperaceae, and the only arboreal type Siparunaceae. The succession and forest reported: high survival (> 80%) otherwise, the shrub thicket with medium survival (~50%) and the cover was dominated by *Acalypha Stenoloba*, *Erigeron Canadensis*, *Phytolacca Bogotensis*, *Oxalis corniculata*. Furthermore, the forest and succession reported high similarity in their floristic composition. Finally, it was determined that soil transposition is essential for restoration, because it accelerates successional processes which allows the establishment of future communities with native species and ecological interest.

Keywords: specific diversity, nucleation techniques, active restoration, reference areas, ecological succession.

3. Introducción

Los bosques son clave para el desarrollo de la vida y subsistencia de las personas que dependen directamente de ellos. En el año 2020, los bosques ocupaban alrededor de 4 060 millones por hectárea, es decir, 30,8 % de la superficie terrestre (FAO y PNUMA, 2020). Sin embargo, los bosques se han reducido y degradado producto de actividades antrópicas. Por ejemplo, en América Latina aproximadamente el 70 % de la degradación de los bosques se da por actividades como el extractivismo comercial, agricultura de subsistencia y sobrepastoreo (Sabogal et al., 2015). En Ecuador, estas actividades contribuyeron en la disminución de 65 880 ha anuales de bosque durante el periodo 2014 – 2017 (Ministerio del Ambiente [MAE], 2019).

La reducción y degradación de los recursos naturales han motivado a emplear nuevas disciplinas de la ecología, como la restauración de los ecosistemas (Martínez, 1996). La restauración es una herramienta enfocada en conservar la biodiversidad, revertir la degradación ambiental y mitigar el cambio climático (Murcia y Guariguata, 2014), por tanto recuperar áreas degradadas se vuelve complejo en el tiempo. Bechara et al. (2016) mencionan que la recuperación de la vegetación, en cuanto a la estructura y composición, puede tardar entre 20 a 500 años y las especies raras miles de años. Dicho esto, surge la restauración activa como estrategia para acelerar los procesos de sucesión, servicios ecosistémicos y mejoramiento de las condiciones físicas de los ecosistemas (Bechara et al., 2016).

Bajo este contexto, se aplican una diversidad de técnicas de restauración activa como: perchas artificiales, siembra directa de semillas, grupos de Anderson, transposición de suelos, formación de refugios artificiales, lluvia de semillas por transposición y la combinación de las técnicas de nucleación (Reis et al., 2003; Sanchún et al., 2016). Estas técnicas asistidas aportan en la restauración de ecosistemas, contribuyendo al aporte de diversidad específica (de Oliveira Bahia et al., 2023; Pilon et al., 2023).

En la mayoría de los casos, la restauración se enfoca en la plantación de árboles (Corbin y Holl, 2012; Zahawi et al., 2013) excluyendo otras alternativas de restauración activa que también pueden ser efectivas y económicas. Una técnica sugerida, es la transposición de suelos (Pilon et al., 2023). Diversos autores (Piaia et al., 2017; Reis et al., 2003; Rodrigues et al., 2010; Sousa et al., 2020; Tres y Reis, 2009) la consideran como una técnica facilitadora de los procesos de sucesión. La trasposición incluye material vegetal (semillas) y organismos del suelo (Reis et al., 2003) contribuyendo a recuperar atributos físicos y biológicos como la composición florística, diversidad y densidad, promoviendo el desarrollo y resiliencia del sitio (de Oliveira Bahia et al., 2023; Neto et al., 2010). La aplicabilidad se ha promovido para el mejoramiento

de las condiciones físicas y biológicas de áreas perturbadas por agricultura o pastos abandonados (Neto et al., 2010; Rodrigues et al., 2010).

En la hoya de Loja aún se conservan formaciones vegetales naturales como el páramo, bosque y matorral. Sin embargo, estas formaciones se han fragmentado principalmente por la agricultura, ganadería e incendios forestales, contribuyendo a la degradación del suelo y la vegetación. Por ejemplo, el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” ha sido sujeto de perturbaciones en las zonas altas, en donde parte del bosque se ha transformado en matorral y páramo antrópico. Los patrones sucesionales reflejan un proceso de recuperación lento, dominado por especies herbáceas, arbustivas y árboles muy dispersos. Por ello, la trayectoria ecológica a través de la restauración necesita ser promovida para mantener y aumentar la funcionalidad del ecosistema.

Bajo este contexto, la investigación evalúa el aporte de la técnica de transposición de suelos en un ecosistema andino, utilizando sitios de referencia de coberturas vegetales como el matorral, bosque y sucesión natural bajo plantaciones de eucalipto. Para esto se extrajeron cinco muestras de suelo por tipo de cobertura, las cuales fueron transpuestas en un ecosistema andino. Se realizó un monitoreo de la composición florística de cada transposición; entre algunas de las variables evaluadas fueron riqueza, diversidad, abundancia, supervivencia, cobertura y hábitos de crecimiento. Específicamente, en los ecosistemas montanos considerados frágiles por su alto grado de endemismo. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el aporte de la técnica de transposición de suelos proveniente de tres coberturas vegetales en la recuperación de la vegetación degradada por actividades agrícolas con el fin de promover la técnica como alternativa para la restauración.

Objetivos específicos

- Evaluar el aporte a la diversidad específica mediante la técnica de transposición de suelos provenientes de tres tipos de cobertura vegetal: matorral andino, bosque andino y sucesión bajo plantación de eucalipto.
- Comparar la vegetación obtenida con la técnica de transposición de suelos de tres tipos de cobertura vegetal con su respectiva vegetación de origen.

4. Marco teórico

4.1. Restauración ecológica (RE)

Sus orígenes conceptuales datan en los años 1940 y como campo de formación en 1980, consecuentemente, ha pasado por una serie de evoluciones de perspectiva y conceptuales (Ceccon y Pérez, 2016; Sabattini y Sabattini, 2018). Se refiere a iniciativas como la manipulación de la sucesión, ciencia que involucra aspectos socioeconómicos y políticos, enfoques multidisciplinarios como la biología de la conservación, ecología de perturbaciones, sucesión ecológica, biogeografía y ecología (Sabattini y Sabattini, 2018).

La RE es una rama de la ecología que nace desde los principios básicos de la misma, permitiendo comprender toda la sinergia del ecosistema. Se enfoca en entender los procesos sucesionales primarios y secundarios, incluyendo la importancia de atributos influyentes como: los bancos de semillas, fenología, biogeografía, requerimientos físicos, entre otros (Vargas, 2007). Los procesos de la restauración son continuos logrando llegar a diferentes estados como: 1) la recuperación total del ecosistema, 2) recuperación parcial del ecosistema (rehabilitación), 3) formación de un ecosistema diferente al original (reemplazo), 4) desarrollo natural del ecosistema (Martínez, 1996).

La RE ha tomado forma desde aproximadamente el siglo XX y conceptualmente se basa en los procesos de asistir o recuperar un ecosistema dañado por una perturbación. Esto con el fin de restablecer las funcionalidades ecosistémicas, utilizando como referencia un ecosistema no alterado (Sabattini y Sabattini, 2018; Barrera-Cataño y Valdés-López, 2007). Bajo este contexto la RE se ha desarrollado conceptualmente como “el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido” (Gann et al., 2019). El propósito es mejorar las condiciones de la estructura, composición y funcionalidad para lograr la recuperación total (Holl, 2023; Clewell y Aronson, 2013).

4.1.1. Términos utilizados en la restauración

La restauración ha adoptado una variedad de conceptos que ayudan a comprender los procesos. La Sociedad Ecológica de la Restauración (SER, 2004) y otros autores (ONU, 2021; Gann et al., 2019; McDonald et al., 2016; Vargas, 2007) han formalizado los términos que actualmente direccionan una restauración integral. A continuación, se conceptualiza algunos términos más comunes:

- Barrera: elementos o atributos que limitan la recuperación de las funcionalidades intrínsecas de un sitio perturbado.

- Colonización: es una función intrínseca de los ecosistemas, que se promueven en el tiempo mediante una serie de procesos como la dispersión, fijación y germinación de semillas, establecimiento de especies y su supervivencia (Bochet et al., 2011).
- Degradación: proceso permanente que afecta la correcta funcionalidad del ecosistema, provocando la disminución de sus servicios y bienes que están estrechamente relacionados a los aspectos sociales y económicos, viéndose estos afectados en la disminución gradual en función del tiempo y el grado del daño (Sabogal et al., 2015).
- Ecosistema de referencia: es la referencia de lo que la restauración pretende llegar, en otras palabras, es un ecosistema nativo que alberga su complejidad en cuanto a especies de flora, fauna, componentes bióticos, microorganismos, así como, sus funcionalidades.
- Nucleación: es una estrategia que ayuda a la colonización de nuevos organismos y el establecimiento de microhábitats con altos valores de diversidad ya sea con el uso de especies de flora o fauna que posteriormente ayudan a integrar varios paisajes fragmentados (Sanchún et al., 2016).
- Recuperación: la recuperación puede referirse a parcial o total de las características básicas de los ecosistemas como la estructura, composición y función tomando como base un área de referencia.
- Rehabilitación: se enfoca en la recuperación de las funcionalidades como los bienes y servicios del ecosistema luego de haberse producido un disturbio o efecto de degradación; para este caso no se considera como objetivo la biodiversidad.
- Resiliencia: capacidad de los organismos vivos desde simples a complejos de poder adaptarse a una serie de disturbios que pueden ser naturales o antrópicos.
- Restauración: básicamente hace referencia a la restauración ecológica que se define como el proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido.
- Revegetación: hace referencia al establecimiento natural de nuevas especies de flora locales, nativas o introducidas mediante mecanismos de dispersión.
- Sitio de referencia: se entiende por un sitio que no ha sufrido ningún tipo de perturbación y que contiene atributos similares al área degradada que se requiere intervenir.
- Translocación: es el acto de trasladar o transportar la biota de un sitio de referencia hacia un ecosistema que se encuentra degradado con el fin de recuperar y reponer gran parte de la diversidad.
- Trayectoria ecológica: cambios perjudiciales o benéficos que se producen en el ecosistema en función del tiempo.

4.1.2. Principios de la restauración

Los principios para abordar se basan en los establecidos por la SER que están direccionados a ser una guía clara para definir los objetivos y propósitos de la restauración ecológica. Se direccionan a la protección de la biodiversidad y el bienestar humano, además, genera la línea base del propósito y enfoque al cual se pretende llegar con la restauración (Gann et al., 2019).

La SER propone 8 principios adoptados internacionalmente (Gann et al., 2019; McDonald et al., 2016):

- Principio 1. La RE involucra a las partes interesadas o en inglés conocido como Stakeholders
- Principio 2. La RE se basa en muchos tipos de conocimiento
- Principio 3. La práctica de la RE está basada en información de ecosistemas de referencia nativos
- Principio 4. La RE apoya los procesos de recuperación de los ecosistemas
- Principio 5. La recuperación de los ecosistemas se evalúa en función de los objetivos y metas claros, utilizando indicadores medibles
- Principio 6. La RE busca el nivel más alto de recuperación posible
- Principio 7. La RE acumula valor cuando se aplica a grandes escalas
- Principio 8. La RE es parte de un continuo de actividades recuperativas

4.1.3. El continuo de la restauración ecológica

La fragmentación induce a la degradación o modificación de un ecosistema lo que promueve el continuo de la restauración (Figura 1). Este continuo comprende la reducción de impactos, remediación, rehabilitación y restauración ecológica que ayudan a reducir, mejorar, reparar, recuperar y restaurar las condiciones ambientales, permitiendo visualizar gradualmente el aumento de la salud ecológica, diversidad, funcionalidades, servicios y bienes ecosistémicos (Gann et al., 2019), sean estos ecosistemas naturales o modificados.



Figura 1. Representación ideal del continuo de la restauración ecológica (Gann et al., 2019).

4.1.4. Barreras de la restauración

Se refiere a las limitantes que inhiben la regeneración natural y varios procesos sucesionales en el ecosistema perturbado, consecuentemente, tienden a reducir el éxito de los proyectos de restauración que están influenciados por barreras ecológicas y sociales. Las barreras ecológicas comprenden los elementos bióticos y abióticos influyentes en la dispersión, establecimiento y persistencia, por otra parte, las barreras sociales o socioeconómicas enfocan factores políticos, económicos y sociales (Vargas, 2007).

4.1.5. Estrategias de restauración ecológica

La restauración forestal ha tomado relevancia y por ello se ha visto la necesidad de establecer nuevas técnicas adaptadas a la conservación y establecimiento de hábitats mediante modelos experimentales que se puedan replicar desde áreas pequeñas hasta las más complejas (García-Martí y Ferrer, 2013). En este contexto las investigaciones se basan en técnicas que saltan varios procesos sucesionales con el fin de crear las condiciones idóneas de microhábitat, y paulatinamente exista un proceso interactivo entre elementos faunísticos y especies vegetales, que permitan la colonización de varios gremios.

a) Restauración pasiva:

Está asociada con términos como regeneración natural y la regeneración espontánea y que mediante la disolución de factores tensionantes permita reestablecer de forma natural todos los componentes biológicos y físicos sin necesidad de promover una serie de prácticas o técnicas (Holl, 2023; Vargas, 2007).

b) Restauración activa:

Con el propósito de acelerar los procesos sucesionales para lograr un estado homeostático, se implementa la restauración activa que está asociada a procesos como la

recuperación, rehabilitación y restauración. Para lograr estos procesos es necesario intervenir a través de diversas técnicas, conocidas como “Técnicas de nucleación”. Su aplicabilidad está en función del grado de perturbación o las condiciones del área perturbada. Se han establecido metodologías que mencionan varias técnicas como: perchas artificiales, siembra directa de semillas, siembra de plantas en grupos de Anderson, transposición de suelos, formación de refugios artificiales, lluvia de semillas por transposición y la combinación de las técnicas de nucleación (Sanchún et al., 2016).

4.2. Sucesión primaria y secundaria

La sucesión es el inicio y la continuidad del establecimiento de las especies para el adecuamiento de factores bióticos y abióticos, por lo tanto, se vuelve clave para entender la restauración ecológica. Procesos como la reducción de impactos, remediación, rehabilitación y la restauración se presentan ante los cambios temporales que direccionan la complejidad de la estructura, composición, diversidad y funciones de ecosistema perturbados (Aguirre et al., 2013).

La formación de la vegetación en los suelos desnudos, poco desarrollados o material parental se conoce como sucesión primaria. Es la génesis de nuevas comunidades de microorganismos que colonizan para posterior adecuar las condiciones intrínsecas con el aporte de bancos de semillas dando continuidad a la complejidad de un nuevo ecosistema (Aguirre et al., 2013). Por otra parte, estos ecosistemas complejos son susceptibles a las perturbaciones naturales o antrópicas que inducen la pérdida de la composición, estructura y funcionalidad del ecosistema. Consecuentemente, aparece la sucesión secundaria que da continuidad a la recuperación de las especies a partir de condiciones existentes como banco de semillas y otros propágulos (Vargas, 2007).

4.3. Banco de semillas

Componente clave para que ocurra el evento de la regeneración natural que está correlacionada por el impacto del ecosistema en función del tiempo. Es decir, mientras más dura la perturbación tienden a disminuir la fuente de semillas y estas son destruidas, siendo así que, en áreas perturbadas es probable encontrar hasta un 30 % de semillas viables o en el peor de los casos la inexistencia (Martínez-Ramos y García-Orth, 2007). De cierta manera los bancos de semillas ayudan a renovar los bosques mediante el reemplazo de plantas longevas que cumplieron su ciclo de vida.

Baker (1989) menciona que el banco de semillas es el conjunto de semillas potenciales de plantas anuales o perennes de diversos hábitos de crecimiento. El banco de semillas, tiene el potencial suficiente para dar origen a nuevos individuos o sustituir aquellos que cumplieron su

ciclo de vida. Sustentando lo mencionado Simpson et al. (1989) definen al banco de semillas como el conjunto de semillas transitorias o persistentes depositadas en las zonas superficiales o profundas de los suelos.

Las semillas están expuestas a barreras ecológicas que obedecen a un modelo del banco de semillas, comprendido por la dinámica de la vegetación y ecología de las especies. Estas barreras son la producción de semillas, depredación, lluvia de las semillas, germinación, patógenos, dispersión, fisiología y demografía de las semillas (Leck et al., 2012).

4.4. Transposición de suelos

Conocida también como transposición de banco de semillas (Soares, 2010). La transposición es una técnica basada en la recuperación de las propiedades biológicas y físicas de los suelos degradados (Guimarães, 2015). Esta técnica toma como modelo ecosistemas de referencia cercanos que tengan buenas características en cuanto a su composición, estructura y funcionalidad. Su principio se basa en la lógica de introducir una serie de macro y micro organismos, a través, de la formación de núcleos (Reis y Tres, 2007; Reis et al., 2003). Consecuentemente, el transporte de la diversidad de organismos, ayudan a reiniciar el proceso de sucesión ecológica. Además, el material vegetal como semillas y otros propágulos están esperando las condiciones ambientales idóneas para poder ejercer su desarrollo (Figura 2), mediante la aparición cronológica de especies colonizadoras hasta las de sucesión avanzada (Ramírez-Soto et al., 2022).

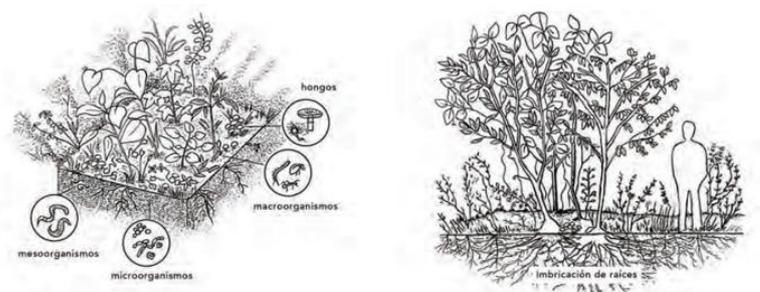


Figura 2. Establecimiento y aporte de la transposición de suelos en la restauración de un ecosistema degradado (Ramírez-Soto et al., 2022).

4.4.1. Consideraciones para aplicar la transposición de suelo

Las proporciones del suelo deben ser seleccionadas de la capa orgánica debido a que contiene la mayor cantidad de microorganismos, así como material vegetal, especialmente, semillas de diversas especies y hábitos de crecimiento. Se recomienda obtener el suelo con una profundidad de entre 5 a 10 cm y en extensión 40 * 40 cm o de 1 * 1 m (Ramírez-Soto et al.,

2022; Sanchún et al., 2016), lo cual va a depender de las condiciones del terreno, distanciamiento y recursos para el traslado del material.

Cuando se requiere cubrir grandes extensiones de terreno se puede plantear un número base de unidades muestrales para la transposición de suelos. Se menciona que para una hectárea se puede colocar entre 8 núcleos (Sanchún et al., 2016), 100 y 200 núcleos (Ramírez-Soto et al., 2022). Esto también depende del grado de perturbación del sitio y que permita aumentar las probabilidades del aporte de diversidad y colonización de especies de flora.

4.4.2. *Protocolo empleado para la transposición de suelo*

Se reporta información que recomienda una serie de procesos metodológicos a considerar en la transposición de suelo. Estos sirven de línea base y referencia para asegurar una buena práctica de la técnica empleada.

Según Ramírez-Soto et al. (2022), Sanchún et al. (2016) y Guimarães (2015) mencionan que:

- Los sitios de referencia deben estar conservados para asegurar una alta biodiversidad en cuanto al material vegetal, que incluyen semillas de hierbas, arbustos o árboles y de microorganismos.
- Para minimizar los esfuerzos y el tiempo de traslado de suelos los sitios de referencia deben estar lo más cercano posible.
- Las muestras de suelos deben estar libres de material vegetal como hojas, ramas y hierbas.
- Utilizar costales resistentes para evitar la pérdida del suelo o alguna cantidad considerable de semillas.
- El sitio donde se coloque las muestras de suelo debe permitir tener un control y monitoreo que se efectúa a los 30 días.
- En caso de presentar épocas de sequía, se procede a regar para asegurar la supervivencia y aparición de las especies.

4.4.3. *Experiencias de la transposición de suelo*

Las investigaciones sobre la transposición de suelo son limitadas, por lo cual, la información de los beneficios de esta técnica en gran mayoría se encuentra como fundamento teórico. Sin embargo, se reportan algunas experiencias realizadas en ecosistemas húmedos tropicales.

Bechara et al. (2007) aplicaron la transposición de suelo bajo plantaciones de *Eucalyptus* sp., utilizando muestras de 1 m² de áreas conservadas cercanas. Utilizaron de 12 a

16 núcleos de suelos con profundidad de 3 – 5 y 5 – 8 cm. Realizaron un monitoreo de la diversidad por cuatro meses, y obtuvieron resultados favorables, logrando registrar el establecimiento de 152 plántulas provenientes del banco de semillas. Por otra parte, Neto et al. (2010) enfocados en la restauración forestal de pastizales abandonados, seleccionaron muestras de suelos de vegetación secundaria inicial y vegetación estacional semidecidual de 1 m² y 5 cm de profundidad. Posteriormente, fueron establecidas en áreas abiertas y monitoreadas por un periodo de 10 meses y evaluaron la diversidad de la vegetación. Como resultado reportan 231 individuos de diferentes hábitos de crecimiento como herbáceo, arbustivo y arbóreo.

Rodrigues et al. (2010) evaluaron el potencial de la transposición de hojarasca y banco de semillas, utilizando 20 muestras de 1 * 1 m obtenidas de un bosque secundario semidecidual estacional. Estas fueron depositadas en un suelo superficial a 10 cm de profundidad y distribuidas en tres tratamientos que fueron evaluados en un periodo de seis meses, y se registró información de diversidad y gremios ecológicos. Al final reportaron un total de 1 191 individuos entre especies de diversos gremios y hábitos de crecimiento. Entre tanto, Guimarães (2015) aplicó la transposición de suelo para la restauración de ambientes degradados por actividades pecuarias. Utilizó 32 muestras de suelo de 1 m² y 10 cm de profundidad, las cuales se monitorearon después de 3 meses y para evaluar el aporte de esta técnica se realizó la caracterización de la vegetación regenerada. Logró evidenciar el establecimiento natural de plantas pioneras heliófilas y algunos hongos.

Piaia et al. (2017) evaluaron el potencial de los bancos de semillas provenientes de tres fragmentos forestales, que posteriormente fueron colocados en un bosque estacional. Se utilizaron 6 repeticiones de cada muestra con dimensiones de 1 m², en donde evaluaron la composición florística, regeneración de plántulas, densidad y mortalidad por un periodo de 12 meses. Como resultados se promovió la regeneración de especies en su mayoría de sucesión inicial. Sousa et al. (2020) enfocados en disminuir la degradación de los ecosistemas, aplicaron la transposición de bancos de semillas con el fin de evaluar el potencial como una estrategia facilitadora para la restauración ecológica. Utilizaron muestras de 1 m² * 5 cm de profundidad establecidas en 8 tratamientos con 4 repeticiones. El monitoreo se realizó una vez al mes durante 15 meses recopilando información sobre la composición de especies y número de individuos. La técnica logró estimular la sucesión de nuevas especies arbustivas y arbóreas distribuidas en 17 familias botánicas.

También se reportan experiencias similares en el Sur del Ecuador (Medina, 2023; Fernández, 2022; Sánchez, 2021; Mocha, 2020; Carrera, 2019). Para las investigaciones se utilizaron muestras de suelos provenientes de diversos tipos de cobertura vegetal como matorral

andino, bosque andino, sucesión natural bajo plantaciones de eucalipto y pino. Los bancos de semillas manejaron en condiciones controladas (invernadero), y se evaluó el potencial de la regeneración natural. La metodología cambia en función de las experiencias anteriormente mencionadas. Se utilizaron muestras con dimensiones de 30 * 30 cm, 25 * 25 cm y 10 cm de profundidad, que posteriormente fueron monitoreadas y se evaluó la composición florística. Los resultados fueron favorables, se reportó la germinación de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, logrando determinar la importancia de los bancos de semilla en el aporte de diversidad.

De la misma manera existen varios estudios, especialmente, realizados en Brasil, que mencionan la técnica como potencial para recuperar áreas perturbadas, permitiendo restablecer en gran parte las comunidades originarias o la aparición de otras especies tal como lo mencionan en otros estudios (Oliveira, 2013; Silva, 2011; Baider et al., 2001).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La investigación se realizó en un ecosistema andino de la Hoya de Loja, localizado en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC). Los ecosistemas pertenecen al Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes y Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes, en donde, alberga diversas formaciones vegetales como: páramo antrópico, matorral andino, bosque andino, bosque de nogal, plantaciones de pino y eucalipto en proceso de sucesión de vegetación nativa. Las condiciones climáticas se caracterizan por una precipitación media de 955 mm/año, temperatura media anual 16,6 °C y humedad relativa media 71,96 %. El sitio de estudio es un área de matorral andino ubicado a 2 300 m s.n.m. dentro de los predios del PUFVC (Figura 3).

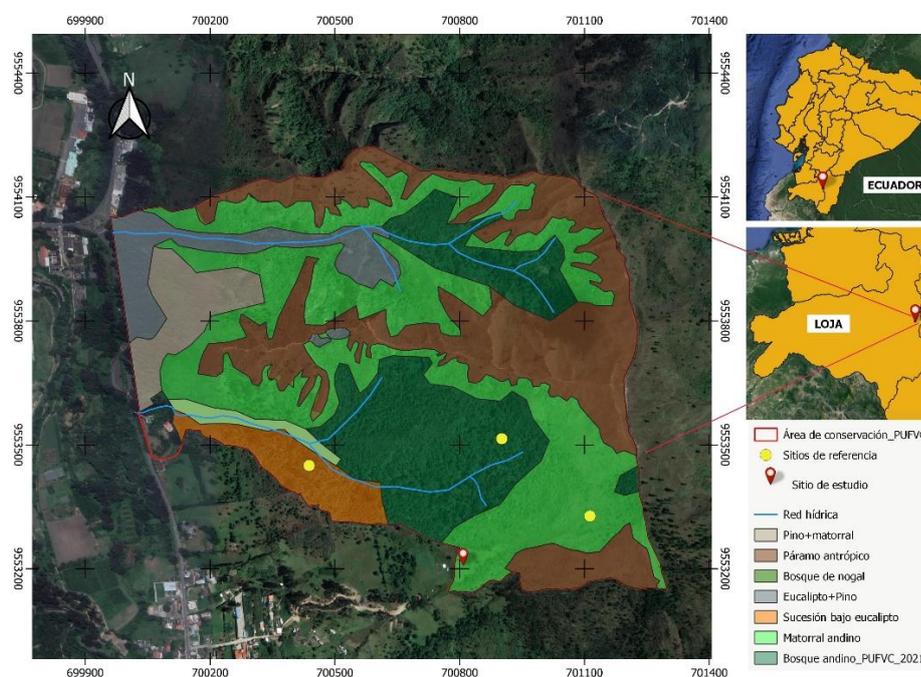


Figura 3. Ubicación del ecosistema andino intervenido por actividades antrópicas y transposición de suelos.

5.1.1. Descripción del sitio y caracterización de los agentes causantes del disturbio del área degradada

El sitio de estudio estuvo sometido ~5 años bajo actividades agrícolas, posteriormente, se identificó que la tierra tiene un tiempo de abandono de ~2 años, en los cuales se ha establecido la vegetación herbácea con especies arvenses y pioneras. Se caracterizaron especies como *Lepechinia mutica*, *Tibouchina laxa*, *Poa annua*, *Bidens pilosa*, *Medicago polymorpha*, *Schizachyrium condensatum*, *Castilleja arvensis* y *Commelina erecta*, que son características de sitios abandonados por actividades antrópicas (Anexo 9). Su área circundante corresponde a

una formación vegetal de matorral andino, además se encuentran algunos árboles de especies introducidas como *Eucalyptus globulus* y *Pinus patula*.

Se realizó una evaluación ecológica rápida utilizando la metodología adaptada por Aguirre et al. (2013), la cual ayuda a caracterizar los disturbios mediante parámetros cualitativos como el factor de origen, dimensión espacial, magnitud y dimensión temporal (Anexo 1). Estos parámetros se replicaron para caracterizar el agente causal de la degradación o disturbio, en donde se implementaron las transposiciones de suelo (Tabla 1). Para ello se utilizaron los siguientes parámetros y clasificación:

Tabla 1. Parámetros y clasificación para determinar los agentes del disturbio del área degradada.

Parámetro	Clasificación	Valor
Por su factor de origen	Natural	Inundaciones, deslaves, etc.
	Antrópico	Actividades humanas
	Natural y antrópico	Eventos naturales y actividades humanas
Por su dimensión espacial	Grandes	Mayor a 10 ha
	Medianos	Entre 1 y 10 ha
	Pequeños	Menor a 1 ha
Por su magnitud	Graves	Por ejemplo, minería a cielo abierto
	Medianos	Por ejemplo, un incendio forestal
	Leves	Por ejemplo, cacería
Por la dimensión temporal	Abruptos	Por ejemplo, un incendio forestal
	Graduales	Por ejemplo, la erosión laminar

Los agentes causantes del disturbio se caracterizaron por ser de origen antrópico, el área o dimensión espacial fue pequeña de ~0,15 ha, su magnitud es mediana y por su temporalidad fue gradual (Anexo 9). Se identificaron actividades de agricultura no intensiva e ingreso de ganado vacuno de colindantes. Principalmente, se determinó que con anterioridad se implementaron cultivos de *Zea mays* (maíz), *Solanum tuberosum* (papa), *Ipomoea batatas* (camote), *Phaseolus* sp. (frejol) y otras hortalizas de ciclo corto (Anexo 2).

5.1.2. Descripción de los tipos de cobertura vegetal en estudio del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

a) Matorral andino

Alberga un área de aproximadamente 33 ha que se distribuyen en Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” entre 2 200 – 2 400 m s.n.m. y, se encuentran en transición con formaciones de bosque y páramo antrópico. Su vegetación está dominada por especies que no sobrepasan los 5 m. Según Muñoz et al. (2022) la composición florística está representada por 27 especies, 23 géneros y 16 familias botánicas, que representan una diversidad media (Shannon 1,44). Al ser un matorral predominan hábitos de crecimiento arbustivos y herbáceos, la presencia de árboles es muy dispersa y los individuos son poco desarrollados. Algunas

especies diagnósticas de este tipo de cobertura son: *Lepechinia mutica*, *Dendrophorbium scytophyllum*, *Pappobolus acuminatus*, *Baccharis latifolia*, *Baccharis obtusifolia*, *Gynoxys nítida*, *Gaultheria reticulata*, *Tibouchina laxa*, *Clethra fimbriata*, *Bejaria aestuan*, *Morella pubescens*, *Oreocallis grandiflora*, entre otras.

b) Bosque andino

Esta formación vegetal se encuentra entre 2 250 – 2 400 m s.n.m, con una extensión aproximada de 12,93 ha. Su densa vegetación alberga una variedad de especies vegetales con varios hábitos de crecimiento como hierbas, arbustos, árboles, parásitas y epifitas. La composición florística se caracteriza por la presencia de 45 especies, 39 géneros y 29 familias botánicas; lo cual refleja una diversidad media con un Índice de Shannon de 3,16. Su estructura está dominada por árboles (30 especies) y en el sotobosque por arbustos (15 especies). La vegetación se caracteriza por la presencia de especies diagnósticas como: *Palicourea amethystina*, *Phenax laevigatus*, *Clethra revoluta*, *Hedyosmum scabrum*, *Siparuna muricata*, *Nectandra laurel*, *Palicourea heterochroma*, *Alnus acuminata*, *Clusia alata*, *Prunus opaca*, *Cedrela montana*, entre otras (Aguirre et al., 2017).

c) Plantaciones de eucalipto

Las plantaciones de eucalipto se encuentran en las partes bajas a 2 190 m s.n.m., ocupando un área aproximada de 10 ha. Los árboles de eucalipto en su mayoría son dominantes hasta 30 m de altura con una alta longevidad, lo que ha permitido que con el tiempo se desarrolle un proceso sucesional con especies nativas. Lo cual ha promovido el establecimiento de la composición florística que alberga 75 especies, 64 géneros y 52 familias botánicas, distribuidas en su mayoría por arbustos, seguido de hierbas y árboles; su diversidad es media (Shannon 3,64). Entre las especies diagnósticas se encuentran: *Clusia latipes*, *Oreopanax rosei*, *Clethra fimbriata*, *Frangula granulosa*, *Alnus acuminata*, *Colignonia scandes*, *Acalypha stenoloba*, *Rubus robustus*, *Myrsine sodiroana*, *Blechnum cordatum*, *Cyperus rotundus*, *Oplismenus hirtellus*, *Viburnum triphyllum*, *Axonopus compressus*, (Aguirre et al., 2019, 2021), entre otras típicas de sucesión intermedia.

5.2. Evaluación del aporte a la diversidad específica mediante la técnica de transposición de suelos provenientes de tres tipos de cobertura vegetal

5.2.1. Selección de los tipos de cobertura vegetal

Se seleccionaron tres tipos de cobertura vegetal propias del PUFVC como bosque andino, matorral andino y sucesión bajo plantación de eucalipto que será denominada como sucesión de aquí en adelante. Estas coberturas también se consideraron como escenarios o sitios de referencia. Se representan como zonas más conservadas en cuanto a su diversidad,

composición y estructura, con base en previos estudios florísticos del sitio (Aguirre et al., 2017, 2019, 2021; Muñoz et al., 2022).

5.2.2. Selección y transporte de suelo de las tres coberturas vegetales

Una vez seleccionados los tipos de cobertura vegetal, se extrajeron cinco muestras de suelo por tipo de cobertura. Para esto se realizaron recorridos en cada tipo de cobertura y, en aquellos sitios con buen estado de conservación de manera aleatoria se recolectaron 5 muestras con dimensiones de 30 * 30 * 10 cm de profundidad. Estas dimensiones facilitaron el traslado de las muestras hacia el sitio de estudio. En cada muestra se eliminó los materiales gruesos como ramas, piedras y plantas, priorizando el banco de semillas. Se utilizaron bolsas plásticas que se depositaron en saquillos para evitar la pérdida y contaminación del material.

5.2.3. Preparación del sitio y transposición del suelo

En el sitio de estudio se procedió a remover la vegetación en un área aproximada de 16 m² (4 * 4 m). En donde, se implementaron 5 hoyos con dimensiones de 30 * 30 * 5 cm de profundidad por cada tipo de cobertura vegetal, dando un total de 15 unidades. Para el testigo se consideraron 5 unidades con las mismas dimensiones, en las cuales únicamente se removió el suelo. Una vez preparado el terreno, se procedió a rellenar los hoyos con las muestras de suelos de cada sitio de referencia (Anexo 3).

Además, se colocó malla sarán al 80 % a una altura de 40 cm sobre cada tratamiento, con el fin de reducir la exposición directa y total de las condiciones climáticas, como la intensa radiación solar, fuertes precipitaciones y vientos. Por otra parte, el área de 16 m² se cercó con malla galvanizada para evitar daños de agentes externos (barreras) como personas, fauna doméstica o silvestre.

5.2.4. Arreglo espacial de la transposición de suelo de cada tipo de cobertura

Se propuso un diseño completamente aleatorizado. Este se conformó por 5 muestras o repeticiones de suelo de bosque, matorral y sucesión, dando un total de 15 muestras; cada muestra de suelo se ubicó a un distanciamiento de 50 cm para facilitar el tránsito en el monitoreo. Además, se implementó un tratamiento adicional que correspondió al testigo, tomando como referencia muestras del sitio (Figura 4).

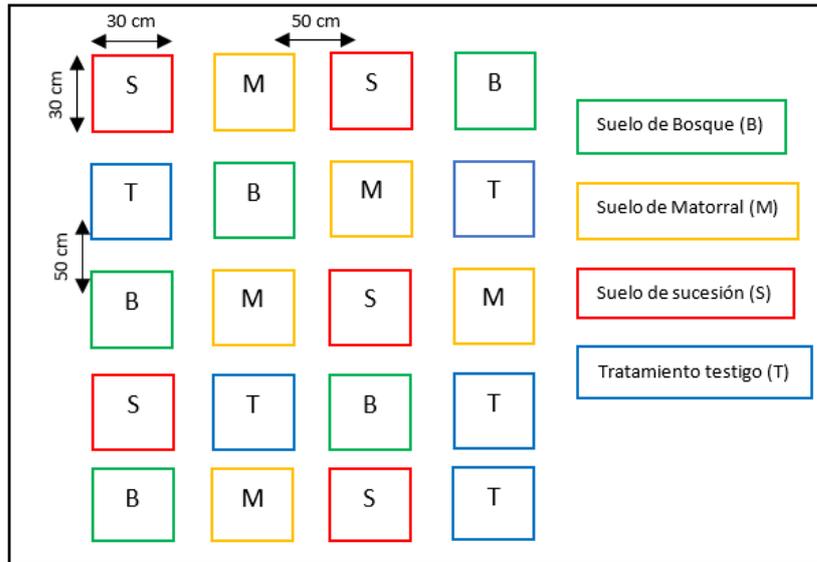


Figura 4. Diseño experimental para la transposición de suelo provenientes de tres tipos de cobertura vegetal.

5.2.5. Monitoreo de la transposición de suelo de cada tipo de cobertura

El monitoreo se realizó durante 5 meses, con evaluaciones periódicas cada 7 días en los tres primeros meses y cada 15 días en los dos últimos meses. Esto debido a que en los primeros días existió mayor germinación de especies acondicionadoras que adecuan el sitio para la germinación de especies arbustivas y arbóreas. Se etiquetó y registró cada individuo que emergió en una hoja de registro (Anexo 4). Esto permitió monitorear la composición florística, parámetros estructurales, diversidad, abundancia, supervivencia y hábitos de crecimiento. Cabe mencionar que para la identificación taxonómica en campo de algunos individuos se esperó que tengan una madurez fisiológica adecuada. Algunas muestras se verificaron con los sitios de referencias y la identificación en el Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja.

5.2.6. Supervivencia de plántulas en las transposiciones de suelo

Para determinar la supervivencia de las especies emergidas se utilizó el número de individuos vivos y muertos al inicio y final del monitoreo de cada tipo de cobertura. Para el cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Supervivencia (\%)} = \frac{N^{\circ} \text{ individuos muertos}}{N^{\circ} \text{ total de individuos}} * 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

5.2.7. Cálculo del aporte a la diversidad específica de la transposición de suelo de cada tipo de cobertura

Para determinar el aporte a la diversidad específica se determinó parámetros estructurales como abundancia, frecuencia relativa, densidad relativa e Índice de Valor de

Importancia simplificado (IVIs). Además, para la diversidad alfa se consideró los índices de riqueza específica, Shannon y Pielou de la vegetación de la transposición de suelos por cada tipo de cobertura vegetal. Para esto se emplearon las fórmulas reportadas por Aguirre (2013); Mostacedo y Fredericksen (2000) y Villareal et al. (2004) (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros estructurales de la vegetación aplicados a la vegetación obtenida en las transposiciones de suelos.

Parámetro	Fórmula	Descripción
Riqueza	Número total de especies o morfotipo por tipo de cobertura	Especies reportadas por tipo de cobertura
Abundancia	Número de observaciones (individuos) de cada especie y por tipo de cobertura	Conteo del número de individuos por especie y por tipo de cobertura
Frecuencia relativa (FR)	$FR = \frac{N^{\circ} \text{ parcelas en la que esta la especie}}{\sum \text{ frecuencia de todas las especies}} * 100$ Ecuación (2)	Porcentaje del número de muestras en que una especie se hace presente
Densidad relativa (DR)	$DR = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{N^{\circ} \text{ total de individuos}} * 100$ Ecuación (3)	Número de individuos en un área determinada
Índice de Valor de Importancia simplificado (IVI s): DR= densidad relativa FR= frecuencia relativa	$IVIs = DR + FR$ Ecuación (4)	Mide el valor ecológico de las especies de una comunidad, es proporcional a los valores de la frecuencia y densidad
Índice de diversidad de Shannon (H): S= número de especies Pi= proporción de la muestra que corresponde a la especie i	$H = \sum_{i=1}^S Pi * \log_n Pi$ Ecuación (5)	Indica que tan uniforme son las especies con respecto a su abundancia en el sitio (comunidad)
Índice de Equitatividad de Pielou (E): H' = Índice de Shannon H max= Ln del total de especies	$E = \frac{H'}{H \text{ max}} * 100$ Ecuación (6)	Muestra la equidad de las abundancias tomando como base el Índice de Shannon

5.2.8. Evaluación de la cobertura en las transposiciones de suelo

Para el cálculo de la cobertura se basó en el método de fitosociología propuesto por Braun-Blanquet (1979). Se estimó la cobertura en todas las muestras de transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal, esto se realizó al finalizar el monitoreo. Se utilizó una malla de 30 * 30 cm con subdivisiones de 5 * 5 cm, en donde se estimó el porcentaje de cobertura por especie (Anexo 6). Según Mostacedo y Fredericksen (2000), este método permite calcular la cobertura de las especies con base en su abundancia. Los datos obtenidos se categorizaron de la siguiente manera:

r = individuos raros con uno o pocos individuos

+ = poca abundancia y débil cobertura < 5 %

1 = abundante con cobertura baja < 5 %

2 = medianamente abundante entre 5 – 25 % de cobertura

3 = 25 – 50 % de cobertura

4 = 50 – 75 % de cobertura

5 = 75 – 100 % de cobertura

5.3. Comparación de la vegetación obtenida con la técnica de transposición de suelos de tres tipos de cobertura vegetal con su respectiva vegetación de origen

5.3.1. Caracterización de las condiciones biológicas y físicas de los sitios de referencia y área degradada

Para evaluar las condiciones biológicas se caracterizó la composición florística de cada tipo de cobertura vegetal (Anexo 7). En los tres tipos de cobertura y en cada punto en donde se recolectaron las muestras de suelo para la transposición, se registró las especies de la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea. Esto permitió comparar la similitud de la vegetación de los sitios de referencia y la vegetación formada en las transposiciones de suelos ubicadas en el área degradada.

Para determinar el estado de conservación se consideró evaluar las condiciones físicas de los sitios. Se evaluó el suelo mediante el análisis de las propiedades físicas como textura y densidad aparente, y químicas como pH, materia orgánica, carbono (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015). Se recolectaron 24 muestras en total, tres muestras simples y compuestas por cada tipo de cobertura en forma de zigzag a una profundidad de 10 cm del nivel del suelo (Mendoza y Espinoza, 2017). Para esto se utilizó palas, barreno y cilindros de Kopecky. Todas las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Loja.

Adicionalmente, se recopiló datos de la pendiente del terreno y cobertura del dosel utilizando instrumentos como el clinómetro y densiómetro forestal cóncavo, respectivamente.

Para la cobertura se consideró recopilar los datos en un día con baja intensidad de radiación solar, con el fin de evitar sobreestimaciones (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

5.3.2. Comparación de la vegetación presente en los sitios de referencia con la vegetación de la transposición del suelo

Para la comparación de la vegetación se utilizó el índice de similitud de Sorensen (IS) para datos cualitativos (Ecuación (7) que mide la diversidad beta (Mostacedo y Fredericksen, 2000). El IS expresa el porcentaje de la similitud o compartición de especies que existe entre dos comunidades. Estos valores se calcularon para la vegetación de los sitios de referencia y su respectiva transposición de suelo, lo cual permitió conocer el impacto de la técnica de transposición de suelos en la recuperación de la vegetación de los escenarios de referencia. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{2c}{a + b} * 100 \quad \text{Ecuación (7)}$$

a= número de especies de la muestra 1

b= número de especies de la muestra 2

c= número de especies comunes en ambos sitios

5.3.3. Análisis e interpretación de la información

Para evaluar el aporte de los tres tipos de cobertura vegetal a la diversidad específica mediante la técnica de transposición de suelos se determinó la normalidad de los datos y homocedasticidad de varianzas. Posteriormente se aplicó un análisis de varianza ANOVA para un diseño completamente aleatorizado (DCA), considerando el aporte de diversidad específica de la transposición de suelo proveniente de los tres sitios de referencia. Además, se realizó un análisis de correspondencia de la composición florística.

Por otra parte, mediante el uso del programa Past Versión 4.14 se realizó un dendrograma para comparar la similitud de la vegetación obtenida de las transposiciones de suelos de los tipos de cobertura vegetal con su respectiva vegetación de origen. Además, se realizó las curvas de rarefacción con los números de Hill para las transposiciones de suelo de cada cobertura. Esto permitió obtener los valores esperados o predicciones de la riqueza de especies ($q = 0$), diversidad de Shannon ($q = 1$) y diversidad de Simpson ($q = 2$) (Chao et al., 2014) para las transposiciones de suelo de cada cobertura. Se utilizó el programa iNEXT versión online agosto 2022.

Adicionalmente, se realizó un ANOVA que permitió establecer las diferencias significativas de las propiedades físicas y químicas de los suelos en los sitios de referencia y el área degradada por actividades de agricultura.

6. Resultados

6.1. Aporte a la diversidad específica mediante la técnica de transposición de suelos como potencial para la recuperación de áreas degradadas por actividades agrícolas

6.1.1. Sobrevivencia

Al término de seis meses de evaluación, la sucesión y bosque reportaron una alta sobrevivencia (> 80 %), y el matorral una sobrevivencia media (~50 %). En la cobertura bosque, *Siparuna muricata* presentó la sobrevivencia más baja con 75 %, mientras que entre las sobresalientes están *Erigeron canadensis*, *Gamochaeta*, *Colignonia scandens*, *Verbesina pentantha*. Por otra parte, la sucesión registró mayor variación en la sobrevivencia desde baja (~25 %), media (~50 %) y alta (~100) en las diferentes especies. El matorral reportó la sobrevivencia más baja representada por la especie *Paspalum* sp. con 26,09 % (Tabla 3). Las abundancias de individuos vivos y muertos por especie se presentan en el Anexo 8.

Tabla 3. Sobrevivencia por especies y transposición de suelo de cada tipo de cobertura vegetal.

Especies	Bosque (%)	Matorral (%)	Sucesión (%)
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg.	0,00	-	91,49
<i>Bidens pilosa</i> L.	100,00	-	33,33
<i>Blechnum occidentale</i> L.	100,00	-	100,00
<i>Bomarea</i> sp.	-	100,00	-
<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	-	-	100,00
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	100,00	-	-
<i>Cyperus rotundus</i> L.	80,00	-	-
<i>Cyperus</i> sp.	-	-	50,00
<i>Digitaria</i> sp.	-	70,00	-
<i>Drymaria</i> sp.	100,00	-	-
<i>Erigeron canadensis</i> L.	100,00	-	100,00
<i>Gamochaeta</i> sp.	100,00	-	90,91
<i>Gnaphalium</i> sp.	-	100,00	-
<i>Hydrocotyle</i> sp.	-	-	100,00
<i>Jaegeria hirta</i> Less.	77,78	-	40,00
<i>Monnina</i> sp.	-	100,00	-
<i>Munnozia</i> sp.	-	-	100,00
<i>Oxalis corniculata</i> L.	-	-	93,33
<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	-	100,00	-
<i>Palicourea</i> sp.	100,00	-	-
<i>Pappobolus nigrescens</i> (Heiser) Panero	100,00	-	100,00
<i>Paspalum</i> sp.	-	26,09	-
<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	-	-	100,00
<i>Peperomia obtusa</i> Yunck	100,00	-	-
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	0,00	-	50,00
<i>Physalis peruviana</i> L.	-	-	100,00
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	100,00	100,00	75,00
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	-	100,00	-
<i>Rubus</i> sp.	-	-	90,00
<i>Rynchosphora</i> sp.	-	100,00	-
<i>Serjania diffusa</i> Radlk.	-	-	100,00

Especies	Bosque (%)	Matorral (%)	Sucesión (%)
<i>Sida rhombifolia</i> L.	0,00	-	100,00
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	75,00	-	100,00
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	100,00	-	0,00
<i>Solanum</i> sp.	-	-	100,00
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	-	100,00	-
<i>Verbesina pentantha</i> S.F. Blake	100,00	-	100,00
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	-	-	100,00
<i>Zeugites americanus</i> Willd.	100,00	-	25,00

La dinámica de las abundancias registradas en el periodo de evaluación en las transposiciones de suelo por tipo de cobertura se presenta en la Tabla 4. Las transposiciones de bosque y sucesión presentaron casi el doble de sobrevivencia con respecto al matorral. Una gran cantidad de individuos no se lograron identificar, los cuales murieron en el transcurso del monitoreo y fueron considerados como morfoespecie. La mayoría de estos se reportó en bosque con 100 individuos, seguido de sucesión (82) y matorral (33), los que no se consideraron para el análisis de sobrevivencia.

Tabla 4. Sobrevivencia en las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal.

Cobertura	Nº vivos	Nº muertos	Sobrevivencia (%)
Bosque	108	17	86,40
Matorral	28	20	58,33
Sucesión	173	26	86,93
Total	309	63	

6.1.2. Composición florística de las transposiciones de suelo por tipo de cobertura vegetal

Se determinó la composición florística de las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura y testigo. En la transposición de bosque se reportó 11 familias, 16 géneros, 16 especies y 108 individuos; para el matorral se registró 9 familias, 10 géneros, 10 especies y 28 individuos; en sucesión se identificó 16 familias, 24 géneros, 24 especies y 173 individuos; y, para el testigo hubo 5 familias, 7 géneros, 7 especies y 127 individuos (Tabla 5). Entre las familias más diversas se destacaron Asteraceae, Poaceae, Solanaceae, Cyperaceae y Rubiaceae.

Además, se identificó los hábitos de crecimiento. Las hierbas fueron más representativas con 55,81 % del total de especies, seguido de arbustos (30,23 %), trepadoras (11,63 %) y árboles (2,33 %). La mayoría de estas especies se caracterizaron por ser nativas (40) y algunas introducidas (3), estas últimas reportadas principalmente como herbáceas (Tabla 5).

Tabla 5. Composición florística de las transposiciones de suelo de los tipos de cobertura vegetal y testigo en un área degradada por actividad de agricultura en el matorral andino del PUFVC.

Familia	Especie	Hábito crecimen to	Individuos por tipo de cobertura				Total, individuos
			B	M	S	T	
Euphorbiaceae	<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg.	Arbusto	-	-	43	-	43
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	Hierba	1	-	1	5	7
Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	Hierba	2	-	2	-	4
Alstroemeriaceae	<i>Bomarea</i> sp.	Trepadora	-	2	-	-	2
Solanaceae	<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	Arbusto	-	-	2	-	2
Nyctaginaceae	<i>Colignonia scandens</i> Benth.	Trepadora	17	-	-	-	17
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	Hierba	-	-	-	1	1
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Hierba	4	-	-	-	4
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp.	Hierba	-	-	1	-	1
Poaceae	<i>Digitaria</i> sp.	Hierba	-	7	-	-	7
Caryophyllaceae	<i>Drymaria</i> sp.	Hierba	2	-	-	-	2
Asteraceae	<i>Erigeron canadensis</i> L.	Hierba	28	-	42	-	70
Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	Hierba	-	-	-	7	7
Asteraceae	<i>Gamochoeta</i> sp.	Hierba	9	-	10	1	20
Asteraceae	<i>Gnaphalium</i> sp.	Hierba	-	2	-	-	2
Araliaceae	<i>Hydrocotyle</i> sp.	Hierba	-	-	1	-	1
Asteraceae	<i>Jaegeria hirta</i> Less.	Hierba	7	-	2	-	9
Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i> L.	Hierba	-	-	-	4	4
Polygalaceae	<i>Monnina</i> sp.	Arbusto	-	1	-	-	1
Asteraceae	<i>Munozia</i> sp.	Hierba	-	-	1	-	1
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Hierba	-	-	28	1	29
Rubiaceae	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	Arbusto	-	4	-	-	4
Rubiaceae	<i>Palicourea</i> sp.	Arbusto	6	-	-	-	6
Asteraceae	<i>Pappobolus nigrescens</i> (Heiser) Panero	Arbusto	2	-	7	-	9
Poaceae	<i>Paspalum</i> sp.	Hierba	-	6	-	-	6
Passifloraceae	<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	Trepadora	-	-	2	-	2
Piperaceae	<i>Peperomia obtusa</i> Yunck	Hierba	1	-	-	-	1
Urticaceae	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	Arbusto	-	-	1	-	1
Solanaceae	<i>Physalis peruviana</i> L.	Hierba	-	-	4	-	4
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	Hierba	14	2	3	-	19
Poaceae	<i>Poa annua</i> Cham. & Schltldl.	Hierba	-	-	-	108	108
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Arbusto	-	1	-	-	1
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.	Trepadora	-	-	9	-	9
Cyperaceae	<i>Rynchosphora</i> sp.	Hierba	-	2	-	-	2
Sapindaceae	<i>Serjania diffusa</i> Radlk.	Trepadora	-	-	1	-	1
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Arbusto	-	-	1	-	1
Siparunaceae	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	Árbol	3	-	4	-	7

Familia	Especie	Hábito crecimien to	Individuos por tipo de cobertura				Total, individuos
			B	M	S	T	
Solanaceae	<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	Arbusto	1	-	-	-	1
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	Hierba	-	-	2	-	2
Melastomataceae	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Arbusto	-	1	-	-	1
Asteraceae	<i>Verbesina pentantha</i> S.F. Blake	Arbusto	5	-	4	-	9
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	Arbusto	-	-	1	-	1
Poaceae	<i>Zeugites americanus</i> Willd.	Hierba	6	-	1	-	7
Total			108	28	173	127	436

B= bosque; M= matorral; S= sucesión; T= testigo

Con base en la composición florística, el análisis de correspondencia mostró que las especies encontradas en las transposiciones de suelo forman tres grupos. El primero fue por bosque y sucesión que tienen alta correspondencia, y dos grupos independientes que corresponden al matorral y testigo. La elipse con un 95 % de probabilidad demostró que la composición florística del testigo no es compartida con las transposiciones (Figura 5).

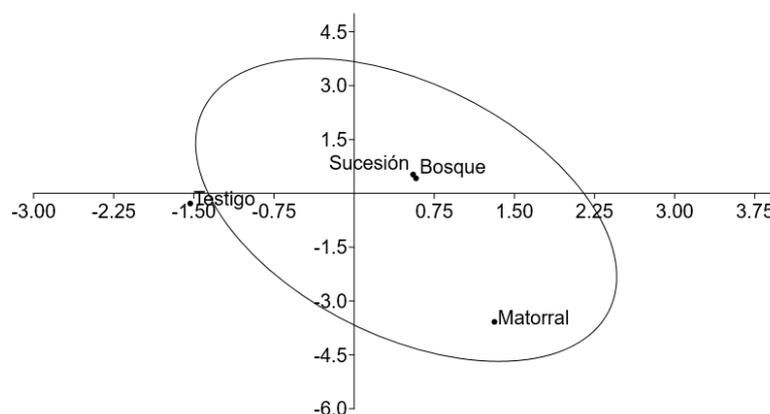


Figura 5. Análisis de correspondencia de la composición florística de las transposiciones del suelo por tipo de cobertura y testigo.

6.1.3. Parámetros estructurales por tipo de cobertura

a) Bosque

En la transposición de suelos de bosque predominaron en los seis meses de evaluación las especies herbáceas como ecológicamente más importantes, entre ellas: *Erigeron canadensis*, *Colignonia scandens*, *Phytolacca bogotensis*, *Gamochoeta* sp., *Cyperus rotundus*. Por otra parte, varias especies arbustivas como *Verbesina pentantha*, *Pappobolus nigrescens* presentaron un IVIs bajo. Un dato interesante, es la presencia de *Siparuna muricata* como única especie arbórea y por encima de las especies arbustivas antes mencionadas (Tabla 6).

Tabla 6. Parámetros estructurales de la vegetación de la transposición de suelo del bosque.

Especies	Abundancia	AR (%)	FR (%)	IVIs (%)
<i>Erigeron canadensis</i> L.	28	25,93	8,89	34,81
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	17	15,74	8,89	24,63
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	14	12,96	4,44	17,41
<i>Gamochaeta</i> sp.	9	8,33	6,67	15,00
<i>Cyperus rotundus</i> L.	4	3,70	11,11	14,81
<i>Jaegeria hirta</i> Less.	7	6,48	6,67	13,15
<i>Bidens pilosa</i> L.	1	0,93	11,11	12,04
<i>Blechnum occidentale</i> L.	2	1,85	8,89	10,74
<i>Drymaria</i> sp.	2	1,85	8,89	10,74
<i>Palicourea</i> sp.	6	5,56	4,44	10,00
<i>Zeugites americanus</i> Willd.	6	5,56	2,22	7,78
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	3	2,78	4,44	7,22
<i>Verbesina pentantha</i> S.F. Blake	5	4,63	2,22	6,85
<i>Pappobolus nigrescens</i> (Heiser) Panero	2	1,85	4,44	6,30
<i>Peperomia obtusa</i> Yunck	1	0,93	4,44	5,37
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	1	0,93	2,22	3,15
Total	108	100	100	200

AR= abundancia relativa; FR= frecuencia relativa; IVIs= índice de valor de importancia simplificado

b) Matorral

En la transposición de matorral las especies con IVIs más representativas fueron *Digitaria* sp., *Bomarea* sp., *Paspalum* sp., caracterizadas por ser herbáceas. También sobresale *Palicourea heterochroma* con hábito arbustivo (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros estructurales de la vegetación de la transposición de suelo del matorral.

Especies	Abundancia	AR (%)	FR (%)	IVIs (%)
<i>Digitaria</i> sp.	7	25,00	18,75	43,75
<i>Bomarea</i> sp.	2	7,14	25,00	32,14
<i>Paspalum</i> sp.	6	21,43	6,25	27,68
<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	4	14,29	6,25	20,54
<i>Gnaphalium</i> sp.	2	7,14	12,50	19,64
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	2	7,14	6,25	13,39
<i>Rynchosphora</i> sp.	2	7,14	6,25	13,39
<i>Monnina</i> sp.	1	3,57	6,25	9,82
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	1	3,57	6,25	9,82
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	1	3,57	6,25	9,82
Total	28	100	100	200

AR= abundancia relativa; FR= frecuencia relativa; IVIs= índice de valor de importancia simplificado

c) Sucesión

Según el IVIs el aporte de la sucesión se dio principalmente por la especie arbustiva *Acalypha stenoloba*, seguido de herbáceas como *Erigeron canadensis*, *Oxalis corniculata*, *Gamochaeta* sp. Además, predominaron otras especies arbustivas como *Cestrum tomentosum*, *Pappobolus nigrescens* y una arbórea *Siparuna muricata* (Tabla 8).

Tabla 8. Parámetros estructurales de la vegetación de la transposición de suelo de sucesión.

Especies	Abundancia	AR (%)	FR (%)	IVIs (%)
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg.	43	24,86	8,06	32,92
<i>Erigeron canadensis</i> L.	42	24,28	6,45	30,73
<i>Oxalis corniculata</i> L.	28	16,18	3,23	19,41
<i>Gamochaeta</i> sp.	10	5,78	6,45	12,23
<i>Blechnum occidentale</i> L.	2	1,16	8,06	9,22
<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	2	1,16	8,06	9,22
<i>Bidens pilosa</i> L.	1	0,58	8,06	8,64
<i>Rubus</i> sp.	9	5,20	3,23	8,43
<i>Pappobolus nigrescens</i> (Heiser) Panero	7	4,05	3,23	7,27
<i>Cyperus</i> sp.	1	0,58	6,45	7,03
<i>Jaegeria hirta</i> Less.	2	1,16	4,84	5,99
<i>Physalis peruviana</i> L.	4	2,31	3,23	5,54
<i>Hydrocotyle</i> sp.	1	0,58	4,84	5,42
<i>Munnozia</i> sp.	1	0,58	4,84	5,42
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	3	1,73	3,23	4,96
<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	2	1,16	3,23	4,38
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	4	2,31	1,61	3,93
<i>Verbesina pentantha</i> S.F. Blake	4	2,31	1,61	3,93
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	1	0,58	3,23	3,80
<i>Solanum</i> sp.	2	1,16	1,61	2,77
<i>Serjania diffusa</i> Radlk.	1	0,58	1,61	2,19
<i>Sida rhombifolia</i> L.	1	0,58	1,61	2,19
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	1	0,58	1,61	2,19
<i>Zeugites americanus</i> Willd.	1	0,58	1,61	2,19
Total	173	100	100	200

AR= abundancia relativa; FR= frecuencia relativa; IVIs= índice de valor de importancia simplificado

d) Testigo

El estado actual del escenario de degradación estuvo dominado por hierbas, con mayor IVIs sobresale *Poa annua*, *Bidens pilosa*, *Galinsoga quadriradiata*, *Medicago polymorpha* (Tabla 9).

Tabla 9. Parámetros estructurales de la vegetación del testigo.

Especies	Abundancia	AR (%)	FR (%)	IVIs (%)
<i>Poa annua</i> Cham. & Schldl.	108	85,04	29,41	114,45
<i>Bidens pilosa</i> L.	5	3,94	23,53	27,47
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	7	5,51	17,65	23,16
<i>Medicago polymorpha</i> L.	4	3,15	11,76	14,91
<i>Commelina erecta</i> L.	1	0,79	5,88	6,67
<i>Gamochaeta</i> sp.	1	0,79	5,88	6,67
<i>Oxalis corniculata</i> L.	1	0,79	5,88	6,67
Total	127	100	100	200

AR= abundancia relativa; FR= frecuencia relativa; IVIs= índice de valor de importancia simplificado

6.1.4. Diversidad específica

Las transposiciones se caracterizaron por presentar un índice de Shannon con diversidad media y el índice de Pielou con diversidad alta. Por otra parte, el testigo representó una diversidad y dominancia baja para ambos índices (Tabla 10).

Tabla 10. Valores e interpretación de los índices de diversidad Shannon y Pielou de las transposiciones por cada tipo de cobertura.

Variables	Tipo cobertura	Valor de índice	Interpretación
Shannon	Bosque	2,33	Diversidad media
	Matorral	2,07	Diversidad media
	Sucesión	2,29	Diversidad media
	Testigo	0,65	Diversidad baja
Pielou	Bosque	0,87	Diversidad alta
	Matorral	0,85	Diversidad alta
	Sucesión	0,84	Diversidad alta
	Testigo	0,27	Diversidad baja

Shannon: Diversidad baja= 0-1,35; Diversidad media=1,36-3,5; Diversidad alta= mayor a 3,5

Pielou: Diversidad baja= 0-0,33; Diversidad media= 0,34-0,66; Diversidad alta= mayor a 0,67

El índice de Shannon (Figura 6a) no presentó diferencias significativas entre las transposiciones de las coberturas y el testigo (Tabla 11). Por otra parte, el índice de Pielou del bosque y sucesión fueron diferentes al testigo, mientras que el matorral no difiere en ningún caso (Figura 6b).

Tabla 11. Análisis de Varianza de la diversidad específica de las transposiciones de suelo y testigo en el área degradada por actividad agrícola.

Variables	F.V	SC	gl	CM	F	p-valor (0,05)
Shannon	Cobertura	0,73	3	0,24	1,54	0,24
	Error	2,53	16	0,16		
	Total	3,26	19			
Pielou	Cobertura	0,73	3	0,24	6,71	0,0038
	Error	0,58	16	0,04		
	Total	1,32	19			

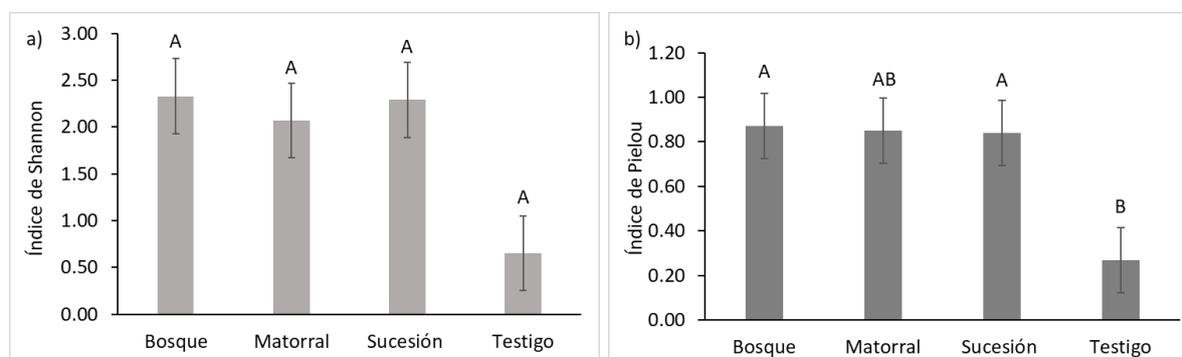


Figura 6. Comparación de los índices de diversidad entre las transposiciones de suelo y testigo.

Las curvas de rarefacción mostraron que la riqueza esperada (q_0) fue mayor en la transposición de sucesión con ~29 especies de 25 observadas, mientras que el resto de

coberturas predice valores bajos. El bosque y sucesión presentan cierta homogeneidad en sus comunidades (Figura 7a). El índice de Shannon (q_1) reportó que el bosque y sucesión son las comunidades más diversas, sin embargo, la proyección de especies efectivas es mínima ~ 10 y ~ 9 (Figura 7b). Por otra parte, la predicción de especies efectivas q_2 no presentan predicciones amplias conforme a lo observado en las transposiciones (Figura 7c). Las coberturas de muestras fueron mayores en bosque con 0,996 y matorral 0,993 seguido Testigo 0,991 y Sucesión 0,983. El matorral y testigo presentaron las menores predicciones de diversidad de especies para q_0 , q_1 y q_2 (Figura 7).

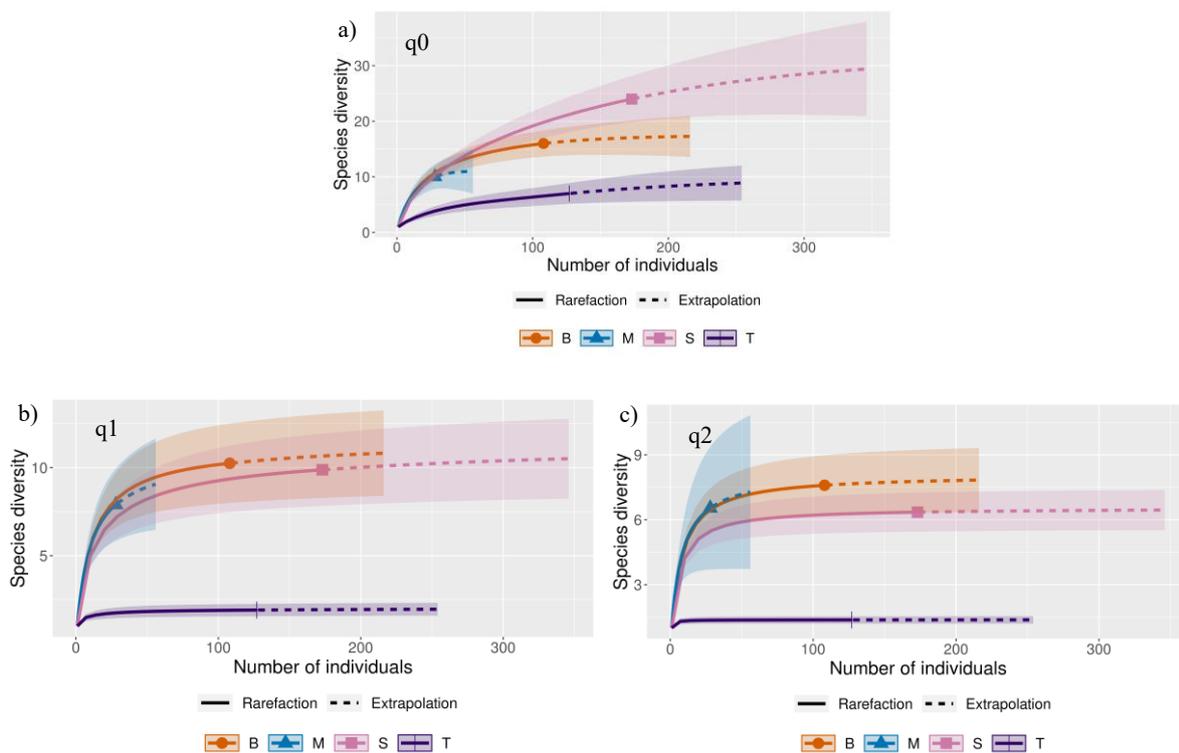


Figura 7. Curvas de rarefacción para la proyección de riqueza esperada en las transposiciones de suelos y testigo. a) riqueza= q_0 ; b) Shannon = q_1 y c) Pielou = q_2

6.1.5. Dinámica de la vegetación en las transposiciones de suelo de los tres tipos de cobertura vegetal

6.1.5.1. Curvas de germinación de las transposiciones de suelo

Se presenció mayor dinámica de las transposiciones de suelo en los meses de mayo y junio, en donde, predominaron hierbas y arbustos. Las especies con hábito de trepadora fueron dominantes el primer mes, por otra parte, la única especie arbórea *Siparuna muricata* se presenció en el cuarto mes. Los meses de julio y agosto presentaron una ausencia en la aparición de nuevos individuos, mientras que, para el mes de septiembre se reactivó la dinámica del banco

de semillas en su mayoría con arbustos (Figura 8a). La categoría de morfoespecie también fue abundante en abril y mayo, sin embargo, estas no se lograron identificar como especies por su estado de desarrollo.

Por otra parte, la transposición de sucesión reportó mayor abundancia, seguido del bosque y por último el matorral. La dinámica del banco de semillas fue variable para cada tipo de cobertura (Figura 8b).

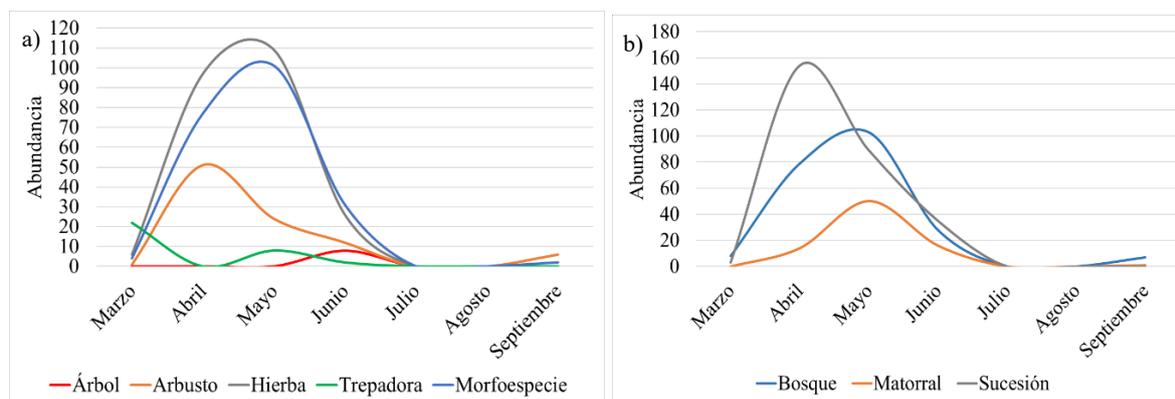


Figura 8. a) Dinámica del banco de semillas por hábitos de crecimiento y b) por tipo de cobertura considerando cada mes de monitoreo. Nota: no se consideró el testigo debido a que la información se recopiló únicamente al finalizar el monitoreo.

6.1.5.2. Cobertura de las transposiciones de suelo

La transposición de suelo de bosque reportó mayor cobertura en las especies *Erigeron canadensis*, *Phytolacca americana* y *Gamochaeta* sp. En el matorral sobresalió *Pteridium arachnoideum*, *Monnina* sp., *Bomarea* sp. y *Digitaria* sp.; la sucesión reportó mayor cobertura en *Acalypha stenoloba*, *Erigeron canadensis* y *Oxalis corniculata*; y por último el testigo dominado por la especie *Poa annua*. Algunas especies como *Phenax laevigatus*, *Viburnum triphyllum*, *Palicourea* sp., *Siparuna muricata*, entre otras, presentaron baja cobertura (Tabla 12).

Tabla 12. Porcentaje de cobertura por especie en cada tipo de transposición de suelo establecido en el área degradada por agricultura.

Especies	Ab	B	M	S	T	Prom. total (%)	Categoría
<i>Poa annua</i> Cham. & Schltdl.	108	-	-	-	96,20	96,20	5
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg.	43	-	-	26,33	-	26,33	3
<i>Erigeron canadensis</i> L.	70	22,60	-	15,32	-	18,96	2
<i>Solanum</i> sp.	2	-	-	8,00	-	8,00	2
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	1	-	7,00	-	-	7,00	r
<i>Oxalis corniculata</i> L.	29	-	-	10,50	1,00	5,75	2

Especies	Ab	B	M	S	T	Prom. total (%)	Categoría
<i>Pappobolus nigrescens</i> (Heiser) Panero	9	4,00	-	7,00	-	5,50	2
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	7	-	-	-	5,33	5,33	2
<i>Physalis peruviana</i> L.	4	-	-	5,00	-	5,00	2
<i>Verbesina pentantha</i> S.F. Blake	10	3,75	-	5,50	-	4,63	+
<i>Phytolacca americana</i> L.	19	9,68	1,00	2,00	-	4,23	1
<i>Gamochaeta</i> sp.	20	6,00	-	5,17	1,00	4,06	1
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	17	3,55	-	-	-	3,55	1
<i>Bidens pilosa</i> L.	7	2,50	-	5,00	2,50	3,33	+
<i>Monnina</i> sp.	1	-	3,00	-	-	3,00	r
<i>Bomarea</i> sp.	2	-	2,50	-	-	2,50	+
<i>Digitaria</i> sp.	7	-	2,50	-	-	2,50	+
<i>Medicago polymorpha</i> L.	4	-	-	-	2,50	2,50	+
<i>Jaegeria hirta</i> Less.	8	2,50	-	2,00	-	2,25	+
<i>Rubus</i> sp.	9	-	-	1,63	-	1,63	+
<i>Zeugites mexicanus</i> (Kunth) Trin. Ex Steud.	7	2,50	-	0,70	-	1,60	+
<i>Blechnum occidentale</i> L.	4	0,60	-	1,80	-	1,20	+
<i>Paspalum</i> sp.	6	-	1,07	-	-	1,07	+
<i>Commelina erecta</i> L.	1	-	-	-	1,00	1,00	r
<i>Rynchosphora</i> sp.	2	-	1,00	-	-	1,00	+
<i>Serjania</i> sp.	1	-	-	1,00	-	1,00	r
<i>Sida rhombifolia</i> L.	1	-	-	1	-	1,00	r
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	1	1,00	-	-	-	1,00	r
<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	2	-	-	0,85	-	0,85	+
<i>Drymaria</i> sp.	2	0,75	-	-	-	0,75	+
<i>Cyperus rotundus</i> L.	4	0,73	-	-	-	0,73	+
<i>Munnozia</i> sp.	1	-	-	0,70	-	0,70	r
<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	4	-	0,70	-	-	0,70	+
<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	2	-	-	0,70	-	0,70	+
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	1	-	-	0,70	-	0,70	r
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	1	-	-	0,70	-	0,70	r
<i>Palicourea</i> sp.	6	0,60	-	-	-	0,60	+
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	7	0,75	-	0,40	-	0,58	+
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	1	-	0,50	-	-	0,50	r
<i>Gnaphalium</i> sp.	2	-	0,30	-	-	0,30	+
<i>Peperomia obtusa</i> Yunck	1	0,30	-	-	-	0,30	r
<i>Cyperus</i> sp.	1	-	-	0,20	-	0,20	r
<i>Hydrocotyle</i> sp.	1	-	-	0,10	-	0,10	r

Ab= abundancia; B= bosque; M= matorral; S= sucesión; T= testigo. R= individuos raros con uno o pocos individuos; += poca abundancia y débil cobertura < 5 %; 1= abundante con cobertura baja < 5 %; 2= medianamente abundante entre 5-25 % de cobertura; 3= 25-50 % de cobertura; 4= 50-75 % de cobertura; 5= 75-100 % de cobertura.

La Figura 9 es un resumen de la categorización de cobertura presentada en la Tabla 12, en donde, se evidenció que 18 especies presentaron poca abundancia y porcentaje de cobertura

débil. Por otra parte, 12 especies fueron consideradas como raras, ya que su abundancia no fue mayor a 1. Sin embargo, *Acalypha stenoloba* fue más dominante en cobertura, lo cual se reflejó en la transposición de suelo de sucesión. Cabe mencionar que las especies en su desarrollo actual no superaron un porcentaje de cobertura > 50 %.

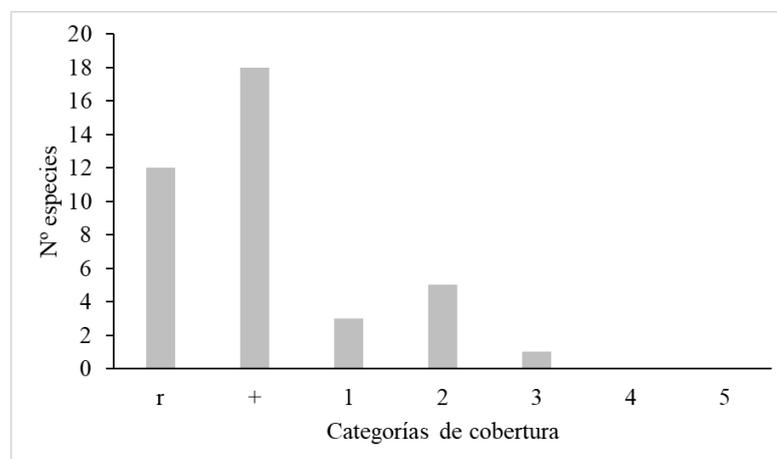


Figura 9. Número de especies por categorías de cobertura obtenidas en las transposiciones de suelo. r= individuos raros con uno o pocos individuos; += poca abundancia y débil cobertura < 5 %; 1= abundante con cobertura baja < 5 %; 2= medianamente abundante entre 5-25 % de cobertura; 3= 25-50 % de cobertura; 4= 50-75 % de cobertura; 5= 75-100 % de cobertura

6.2. Comparación de la vegetación de las transposiciones de suelos por tipo de cobertura vegetal

6.2.1. Similitud de la vegetación entre la transposición de suelos y su vegetación de origen

El análisis de similitud reportó que las especies encontradas en la transposición de suelos de sucesión se corresponden con el 29 % de las observadas en su sitio origen, seguido del testigo con el 26 % y menor similitud el bosque con 13 % (Tabla 13). La caracterización de la composición florística de los sitios de referencia se muestra en el Anexo 9.

Tabla 13. Similitud de especies entre los sitios de referencia y las transposiciones de suelo en el área degradada por actividad agrícola.

Coberturas y exclusividad de especies	Especies compartidas	Sorensen (%)
BR (32) – BT (16)	3	12,50
MR (37) – MT (10)	4	17,02
SR (38) – ST (24)	9	29,03
TR (16) – T (7)	3	26,09

BR= bosque referencia; BT= bosque transposición; MR= matorral referencia; MT= matorral referencia; SR= sucesión referencia; ST= sucesión transposición T= testigo; TR= testigo referencia

El dendrograma de Sorensen reportó la formación de varias agrupaciones. La riqueza del bosque y sucesión se corresponden con su sitio de origen y las transposiciones. Mientras que en el testigo y matorral la riqueza si se corresponden entre las transposiciones y su

vegetación. Las similitudes presentaron una alta fidelidad con un coeficiente de correlación cofenética de 0,88 (Figura 10).

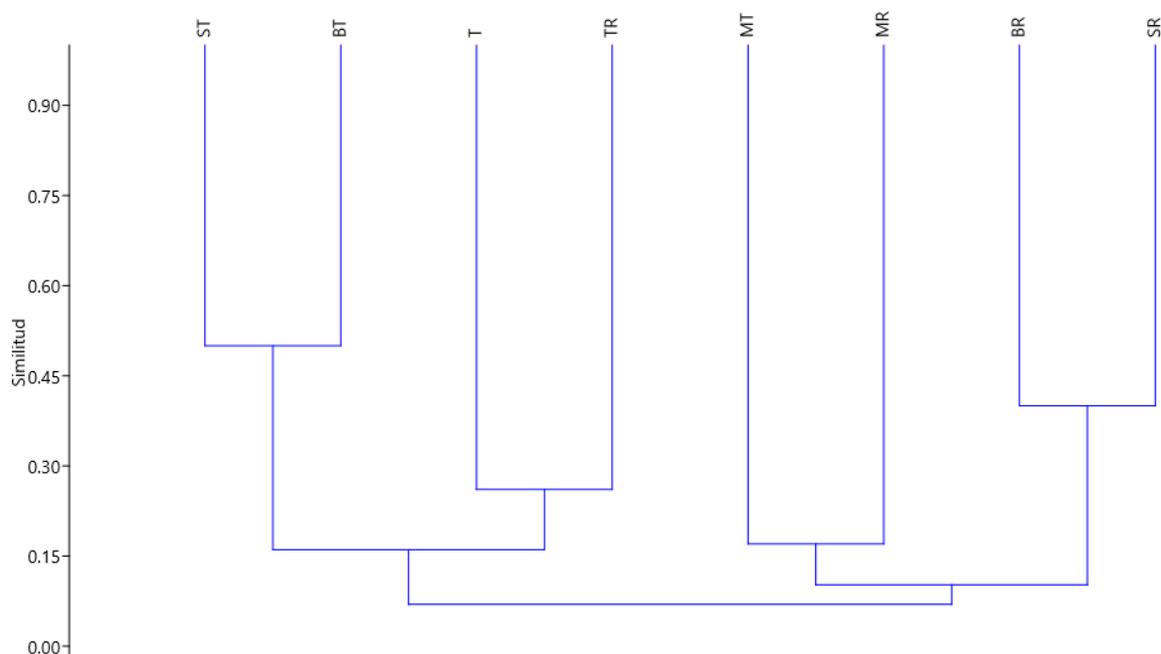


Figura 10. Dendrograma de similitud con el índice de Sorensen de los sitios de referencia versus las transposiciones de suelo. BR= bosque referencia; BT= bosque transposición; MR= matorral referencia; MT= matorral referencia; SR= sucesión referencia; ST= sucesión transposición; T= testigo; TR= testigo referencia

6.2.2. Similitud de la vegetación entre las transposiciones de suelo

La similitud de Sorensen determinó que las transposiciones de bosque y sucesión se correspondieron con las especies con el 65 % que representan 13 especies compartidas. El matorral con la sucesión y testigo presentaron la similitud más baja ($\leq 6\%$) con respecto a las especies encontradas en cada cobertura (Tabla 14).

Tabla 14. Similitud de especies entre las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal.

Coberturas y exclusividad de especies	Especies compartidas	Sorensen (%)
B (16) – M (10)	1	7,69
B (16) – S (24)	13	65,00
B (16) – T (7)	2	17,39
M (10) – S (24)	1	5,88
M (10) – T (7)	0	0,00
S (24) – T (7)	3	19,35

B=bosque; M= matorral; S= sucesión; T: testigo

El dendrograma agrupó las transposiciones más compartidas en su riqueza, en donde, el bosque y sucesión presentaron alta similitud. El matorral forma dos grupos que difieren entre

sí, y por último el testigo que es un grupo aislado. Las similitudes presentaron alta fidelidad con coeficiente de correlación cofenética de 0,94 (Figura 11).

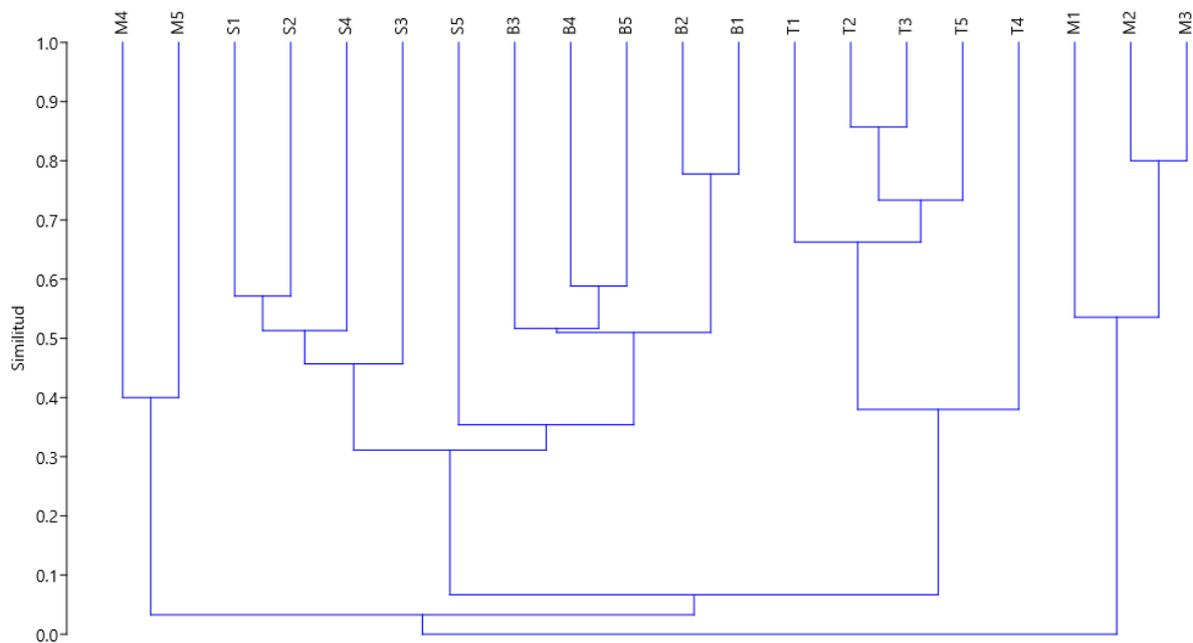


Figura 11. Dendrograma de similitud con el índice de Sorensen entre las transposiciones de suelo. B= bosque; M= matorral; S= sucesión; T= testigo

6.2.3. Comparación de las condiciones físicas de los sitios de referencia en cada tipo de cobertura

Los sitios de referencia se caracterizaron por presentar una cobertura del dosel superior a 50 %. Se reportó mayor cobertura en el bosque (~79 %), seguido de la sucesión (~63 %) y el matorral (~51 %). El terreno de los sitios de referencia entre 2242-2443 m s. n. m variaron en su pendiente y profundidad del horizonte O (HO) en donde, la sucesión presentó una pendiente de 48,77 %, bosque 88 % y matorral con 32,45 %. Por otra parte, el HO del suelo fue de 1,88 cm, 3,20 cm y 4,17 cm, respectivamente a los sitios mencionados.

El matorral presentó las mejores condiciones edáficas con baja densidad aparente, alta porosidad, carbono y materia orgánica. Sin embargo, los suelos en todas las coberturas fueron ácidos ($\text{pH} < 5$). Por otra parte, los suelos del bosque y sucesión son muy parecidos en sus características físicas y químicas (Tabla 15). También se destacó que la textura de los suelos del matorral y testigo son franco arcilloso, mientras que el bosque y sucesión son francos (Anexo 10).

Tabla 15. Valores promedio de las condiciones físicas y químicas de los sitios de referencia de cada tipo de cobertura vegetal y área degradada por actividades agrícolas.

	Variables	Cobertura	Promedio
Físicas	DA (g/cm ³)	Bosque	1,37
		Matorral	0,83
		Sucesión	1,39
		Testigo	1,08
	Porosidad (%)	Bosque	48,45
		Matorral	68,73
		Sucesión	47,64
		Testigo	59,33
Químicas	pH	Bosque	4,43
		Matorral	3,73
		Sucesión	4,73
		Testigo	4,27
	C (%)	Bosque	4,39
		Matorral	9,74
		Sucesión	3,13
		Testigo	6,87
M.O (%)	Bosque	8,33	
	Matorral	18,48	
	Sucesión	5,94	
	Testigo	1303	

DA= densidad aparente; pH= acidez o alcalinidad del suelo; C=carbono; M.O= materia orgánica

El ANOVA mostró que las propiedades físicas como densidad aparente y porosidad son diferentes significativamente entre el matorral y sucesión (Tabla 16). Por otra parte, las propiedades químicas presentaron diferencias significativas en mayor frecuencia en el matorral con respecto al bosque, sucesión y testigo (Figura 12).

Tabla 16. ANOVA de las condiciones edáficas de los sitios de referencia de cada tipo de cobertura vegetal y área degradada por actividades agrícolas.

Variables	F.V	SC	gl	CM	F	p-valor (0,05)
DA (g/cm ³)	Cobertura	0,63	3	0,21	16,74	0,0008
	Error	0,10	8	0,01		
	Total	0,73	11			
Porosidad (%)	Cobertura	900,23	3	25,59	37,61	<0,0001
	Error	143,88	8	0,68		
	Total	1043,61	11			
ph	Cobertura	1,58	3	0,53	7,72	0,0095
	Error	0,55	8	0,07		
	Total	2,13	11			
C (%)	Cobertura	76,77	3	25,59	37,61	<0,0001
	Error	5,44	8	0,68		
	Total	82,21	11			
M.O (%)	Cobertura	276,08	3	92,03	37,61	<0,0001
	Error	19,57	8	2,45		

Variabes	F.V	SC	gl	CM	F	p-valor (0,05)
	Total	295,65	11			

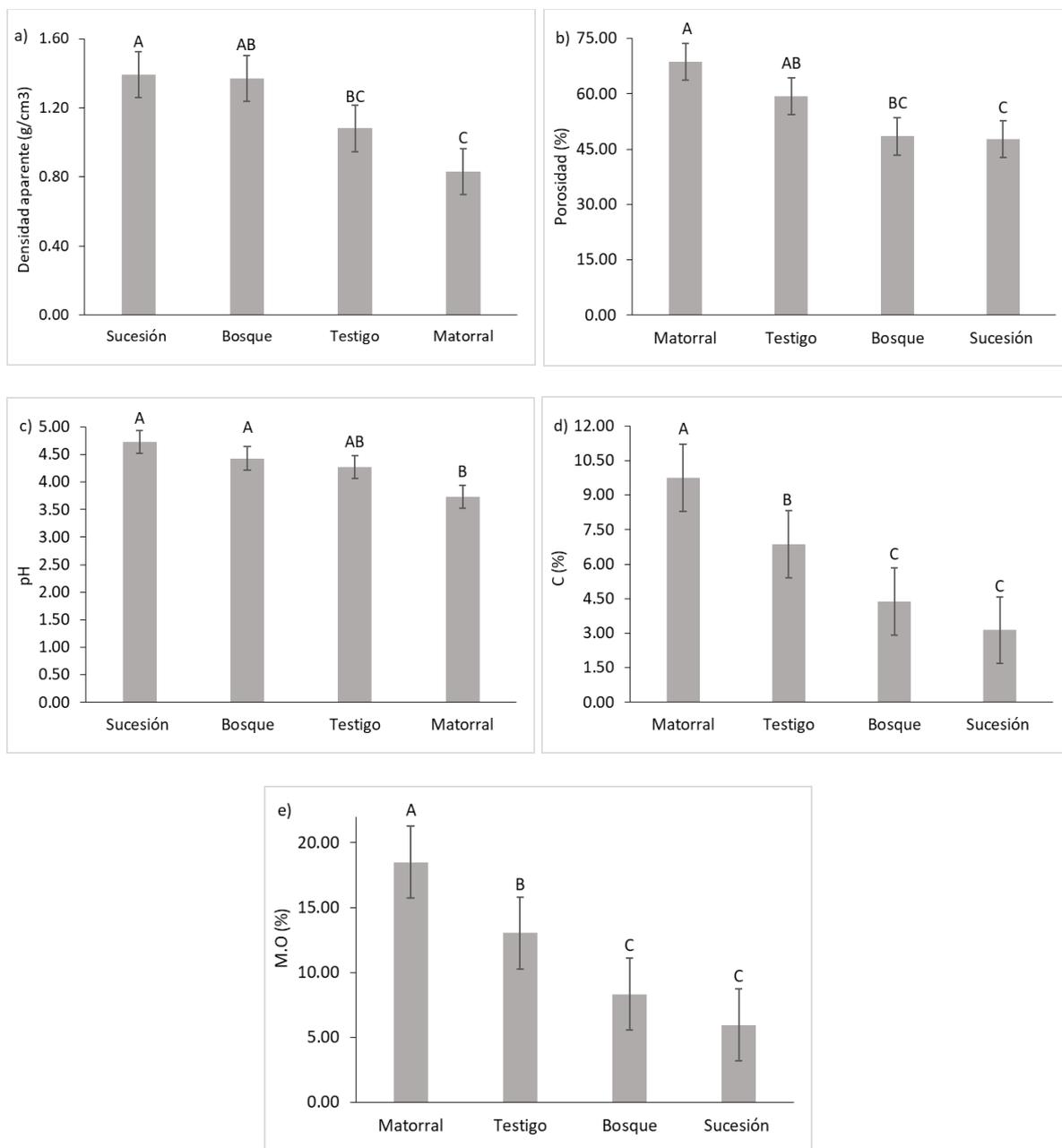


Figura 12. Análisis de varianza de las propiedades físicas y químicas de los sitios de referencias y área degradada por actividades de agricultura. Letras iguales no son significativamente diferentes ($\alpha > 0,05$).

7. Discusión

7.1. Composición florística de las transposiciones de suelo

La composición florística de las transposiciones de sucesión y bosque fueron las más representativas, con la presencia principalmente de especies herbáceas y arbustivas, mientras que las trepadoras y árboles fueron escasos. Esto corrobora Aguirre et al. (2017, 2019) con base en la composición florística reportada bajo plantaciones de eucalipto y bosque montano en el PUFVC. Esta condición sucesional hace que los bancos de semillas sean más diversos y abundantes, llegando a presentar diversos hábitos de crecimiento como hierbas, trepadoras, arbustos y árboles, similar a los reportado por Tres y Reis (2009). La composición estuvo dominada por la familia Asteraceae (Piaia et al., 2017) que comúnmente es pionera con algunas hierbas y arbustos (Lozano y Bussman, 2005) de especies acondicionadoras; por su fácil propagación, adaptación y disponibilidad de semillas se establecen en los primeros estadios luego de una perturbación.

El matorral presentó menor composición florística en las transposiciones de suelo, contrario a lo reportado por Medina (2023) en bancos de semilla de matorral bajo condiciones de laboratorio. Esto sugiere que la composición es determinante cuando los bancos de semillas están expuestos a las condiciones físicas y biológicas del micrositio. Por otra parte, Martínez-Ramos y García-Orth (2007) mencionan que los bancos de semillas tienden a ser pobres cuando han sufrido perturbaciones constantes por incendios, esto es congruente con el matorral que ha sido quemado periódicamente en el PUFVC (Muñoz et al., 2022). Además, Baider et al. (2001) atribuyen que la densidad y viabilidad de semillas disminuye conforme aumenta la profundidad de deposición, lo que es influyente en la abundancia y riqueza de los bancos de semillas.

De igual manera, la composición florística del testigo es baja y se atribuye al estado actual degradado por actividades de agricultura no intensiva, especialmente, con cultivos de ciclo corto como maíz, papa y camote. Su flora está representada por especies arvenses que son típicas de áreas perturbadas, entre ellas *Medicago polymorpha*, *Poa annua*, *Oxalis corniculata*, *Bidens pilosa*, *Commelina erecta* y *Galinsoga quadriradiata* (Aguirre-Mendoza et al., 2019). Cabe recalcar que la alta abundancia de *Poa annua* impide el desarrollo inicial de otras especies nativas herbáceas y arbustivas de áreas circundantes más conservadas. Según Martínez-Ramos y García-Orth (2007) los pastos no necesariamente provocan un efecto negativo, sino que también ayudan a generar un microclima para el establecimiento de especies pioneras, pero el proceso sería más lento.

7.2. Parámetros estructurales de las transposiciones de suelo

Las especies ecológicamente más importantes pertenecen a hábitos de crecimiento hierbas y arbustos ya que, su abundancia y frecuencia fue mayor en las unidades de muestreo. Esto indica que estas especies serán las acondicionadoras para dinamizar las transposiciones o cualquier área perturbada que comparta las características del sitio de referencia. Los árboles fueron escasos representando una especie, *Siparuna muricata*; sin embargo, no deja ser importante ya que representa un gran aporte a la diversidad específica. Por ejemplo, es una especie de sucesión intermedia a avanzada, cuando son adultos producen una gran cantidad de semillas y según Aguirre et al. (2017) en una hectárea se pueden encontrar ~85 individuos y con alto índice de valor de importancia (5,13 %) con respecto a otras especies como *Nectandra laurel*, *Prunus opaca*, *Alnus acuminata* que son típicas de los bosques montanos.

Destacando las especies herbáceas y arbustivas, representan una alta importancia ecológica algunas especies como *Cyperus rotundus*, *Oxalis corniculata* (Rodrigues et al., 2010), *Colignonia scandens*, *Acalypha stenoloba*, *Pappobulus nigrescens*, las cuales también se evidenciaron en los bancos de semillas estudiados por Fernández (2022). Estas son típicas de escenarios en proceso de recuperación o sucesión intermedia, como por ejemplo, la composición florística de especies nativas bajo plantaciones de eucalipto y pino, en donde, Aguirre et al. (2019) las catalogan entre las diez especies más importantes ecológicamente. Por otra parte, el matorral en sus bancos de semillas contuvo en su mayoría especies herbáceas, especialmente de Poaceas (Piaia et al., 2017), similar a lo reportado por Medina (2023). Cabe destacar la presencia de *Pteridium arachnoideum*, que es una especie agresiva (Muñoz et al., 2022) y debe ser controlada, posiblemente eliminarla para evitar la futura competencia y desplazamiento de otras especies de mayor importancia ecológica.

La abundancia de las especies herbáceas y arbustivas presentes en todas las transposiciones de los bancos de semillas representan un alto valor ecológico, estas a su vez pueden promover las interacciones con otras especies como fauna polinizadora o dispersora de semillas (Bechara et al., 2007). Adicionalmente, todo el aporte influye en los servicios ecosistémicos futuros, tal como lo mencionan Holl et al. (2020) tras evaluar el efecto de las técnicas de nucleación y restauración pasiva luego de 15 años. Específicamente las técnicas activas recuperan y diversifican la estructura vegetal (Holl et al., 2020), tal es el caso de las transposiciones de suelos cuando se aplican en áreas degradadas como el presente escenario de estudio, en donde, predomina el pasto (*Poa annua*), especies pioneras y arvenses. Recuperar toda la composición y estructura de forma pasiva tomaría cientos de años (Bechara et al., 2016),

mientras que de forma activa, preliminarmente, se logró evidenciar el aceleramiento de las etapas sucesionales.

7.3. Sobrevivencia de la vegetación de las transposiciones de suelo

La sobrevivencia de las especies también tiende a determinarse por los hábitos de crecimiento de las especies. Poorter et al. (2023) con base en las teorías sucesionales mencionan que las plantas herbáceas representan cortos periodos de vida, algunas efímeras o anuales; los arbustos pueden ser anuales o estacionarios; mientras que los árboles son perennes. Esto es congruente con la mayor mortalidad de especies herbáceas en el matorral y sucesión, las cuales tienen cortos periodos de vida. Sin embargo, esta sobrevivencia también depende de las condiciones o barreras físicas y biológicas (Leck et al., 2012) que las especies deben superar para desarrollarse y ser resilientes en el ecosistema.

Se evidenció la presencia de larvas sobre las hojas de *Verbesina pentantha* y *Phytolacca bogotensis*, lo que según Vargas (2007, 2008) corresponde a barreras como la herbivoría, competencia o disponibilidad de nutrientes que afectan a las plantas en desarrollo. Además, las condiciones como altas temperaturas, baja humedad y ausencia de precipitaciones a las cuales son tolerantes las especies acondicionadoras y pioneras (Budowski, 1965) como *Acalypha stenoloba*, *Verbesina pentantha*. Todas estas variables pudieron haber influenciado en la composición del matorral que presentó baja sobrevivencia, con respecto al bosque y sucesión. Además, se destacó el aumento gradual de la temperatura en los últimos meses de monitoreo.

Es relevante mencionar que algunos géneros como *Bryum*, *Oxalis*, *Begonia*, tuvieron un comportamiento efímero, ya que desaparecieron en el primer mes de monitoreo. Adicionalmente, se presentó una gran cantidad de individuos catalogados como morfoespecie, pues desaparecieron antes de alcanzar un desarrollo que permitiera la identificación taxonómica. Esta condición es normal en los bancos de semillas, considerando la lógica de las etapas sucesionales (Finegan, 1984, 1996). Por ejemplo Fernández (2022) reporta 42 individuos en bosque y uno en sucesión bajo plantación, por otra parte, Medina (2023) menciona que en el matorral es mayor entre ~465 y ~618 considerando que estos bancos estuvieron bajo condiciones controladas.

La sobrevivencia hasta los seis meses de evaluación en las transposiciones de suelo fue dinámica y pudiera cambiar en función del tiempo. Como se mencionó anteriormente las hierbas pueden aumentar su mortalidad, pero a la vez repoblarse a través de la temprana dispersión de semillas. En cambio, las especies arbustivas como *Palicourea heterochroma*, *Palicourea* sp., *Verbesina pentantha*, *Cestrum tomentosum* y arbóreas como *Siparuna muricata* son más tardías, por lo cual las probabilidades de desaparecer de una comunidad son más

elevadas. Sin embargo, una vez alcancen un desarrollo avanzado pueden asegurar su estabilidad y continuidad.

7.4. Diversidad específica de las transposiciones de suelo

La transposición de sucesión presentó mejores predicciones de riqueza, Shannon y Pielou, debido a que estas comunidades se encuentran en una sucesión intermedia y en constante dinámica; por ejemplo, existe mayor recambio de especies, especies heliófitas o esciófitas parciales que presentan mayor reclutamiento o producción de semillas. Los bancos de semillas fueron más diversos, especialmente de especies herbáceas y arbustivas. Así mismo, la transposición de bosque presenta especies que son de sucesión intermedia a avanzada, lo cual tiende a tener una comunidad diversa y más estable.

La diversidad de las transposiciones es proporcional a las reportadas en los sitios de referencia. Los bancos de semillas del bosque reportaron diversidad media (Shannon= 2,33), la cual se corresponde a la diversidad (Shannon= 2,66; Pielou= 0,84) reportada por Fernández (2022). Además esta diversidad es correspondida al bosque montano considerado como sitio de referencia (Aguirre et al., 2017). No difieren significativamente ($p= 0,24$) con la diversidad de sucesión que reporta un índice casi similar (Shannon= 2,29; Pielou= 0,84) (Silva, 2011).

En general los índices de Shannon no difieren significativamente, mientras que el índice de Pielou si presenta diferencias ($p= 0,0038$) para el testigo, esto debido a que se encontró dominado por pasto *Poa annua* y baja riqueza (7 especies) condicionada por el estado actual degradado (Sousa et al., 2020). Neto et al. (2010) mencionan que el pasto inhibe la sucesión de especies lo cual influye en la diversidad y retarda la recuperación de áreas degradadas abandonadas.

Probablemente, las transposiciones hubieran reportado mayor riqueza si se hubieran aumentado el esfuerzo de muestreo. Para determinar la incertidumbre se realizó las predicciones con los números de Hill (Chao et al., 2014). El bosque y la sucesión predicen un ligero aumento en la riqueza, ya que debido a su composición y diversidad presenta probabilidades de enriquecer sus bancos de semillas. Además, se puede considerar que algunas especies no estuvieron en épocas de producción de semillas o su viabilidad es corta, especialmente, en arbustos y árboles (Leck et al., 2012; Vargas, 2007).

7.5. Dinámica de la vegetación en las transposiciones de suelo

Para comprender la dinámica de las transposiciones y su vegetación se toma como referencia la teoría promovida por Finegan (1984, 1996) que se enfoca en los bosques tropicales. En su teoría reconoce que los bosques presentan una dinámica sucesional, y las enfoca en 4 etapas: la primera (< 5 años) menciona que luego de un disturbio aparecen las

primeras especies colonizadoras conformadas por hierbas, arbustos y trepadoras; segunda fase (10-30 años) conformada por especies pioneras de vida corta; tercera fase (75 - 150 años) dominada por pioneras de larga duración en conjunto con el sotobosque; la cuarta fase representa el estado clímax, una comunidad estable representada en su mayoría por especies esciófitas.

La colonización en las transposiciones se manifestó en primera instancia por la aparición de especies herbáceas, seguido rápidamente de arbustos, los mismos que acondicionan el microhábitat para favorecer la presencia de especies arbóreas (Clements, 1916; Poorter et al., 2023). Para que se den estos procesos tendrían que pasar varios años (Finegan, 1984, 1996). Sin embargo, las transposiciones aceleran estos procesos y son una alternativa viable por el aporte de diversidad en sitios que han perdido su composición, estructura y funcionalidades originales. Esto sugiere, además de los resultados obtenidos, que esta técnica aporta especies de sucesión intermedia a avanzada (30 - 75 años), como por ejemplo *Siparuna muricata* que se reporta en bosques maduros.

En los primeros meses (marzo, abril, mayo) las transposiciones de suelo presentaron al igual que los bancos de semillas del suelo bajo condiciones controladas (Medina, 2023) altas abundancias, en donde las acondicionadoras fueron las primeras en emerger, se reportaron algunas trepadoras (*Serjania difusa*, *Passiflora ligularis*) herbáceas y arbustivas heliófitas como *Phytolacca americana*, *Erigeron canadensis*, *Jaegeria hirta*, *Colignonia scandes*, *Pappobulus nigrescens*, *Oxalis corniculata* y *Cyperus rotundus*. Además, algunas especies arbustivas hemiescíofitas del género *Palicourea* tuvieron mayor registro luego de tres meses (junio y septiembre).

Poorter et al. (2023) en el análisis sobre las teorías de la sucesión mencionan que en los bosques se pueden encontrar bancos de semillas latentes que están reprimidas por la ausencia de luz, especialmente, de especies pioneras como hierbas o arbustos. El incremento de abundancia y riqueza en las curvas de germinación hacen alusión al aporte significativo de la transposición de sucesión que corresponde a un bosque secundario ya que estos son más dinámicos (Bedoya-Patiño et al., 2010; Neto et al., 2010; Silva, 2011).

En la transposición de bosque y sucesión, las especies *Phytolacca americana* y *Solanum* sp., respectivamente, fueron las primeras especies y únicas que presentaron fructificación. Esto es importante porque se promueve la lluvia de semillas y el aporte de nuevos individuos que a futuro pueden formar comunidades extensas en el área degradada. Estos frutos al ser de tamaño considerable y llamativas se convierten en un atractivo para la fauna local que forma parte de los procesos de restauración (Holl et al., 2020).

La ausencia de nuevos individuos en julio y agosto que son meses secos infiere una estabilización temporal de la dinámica del banco de semillas que, puede ser atribuido a las condiciones climáticas presentes en el sitio, en especial la humedad, precipitación y temperatura. Considerando que la dinámica fue mayor entre marzo-junio y se reactivó en septiembre con la presencia de individuos de *Palicourea heterochroma* y *Palicourea* sp., se asume que este comportamiento se debe a la presencia gradual de precipitaciones que promueven o inhiben la germinación (Piaia et al., 2017). Además, estas técnicas de transposición de bancos de semillas benefician el aporte en su mayoría de especies autóctonas del ecosistema andino y sitios de referencia (Rojas-Botero et al., 2020), lo que es ratificado con el presente estudio.

La cobertura en el área degradada estuvo dominada por pasto *Poa annua* (~90 %). Algo similar reporta Piaia et al. (2017) que asevera que las gramíneas bajo estas condiciones representan abundante cobertura, lo que impide el establecimiento de semillas. Por otra parte, en el bosque y sucesión es más frecuente *Erigeron canadensis* que representa débil cobertura pero alta abundancia que es típico de la familia Asteraceae (Neto et al., 2010; Sousa et al., 2020).

La mayoría de especies no presentaron una cobertura superior al 50 %, esto considerando que algunas representaron poca abundancia y su desarrollo es inicial, en donde, sus partes vegetativas están en crecimiento y no mantienen una estructura definida como individuos adultos. Por ejemplo, *Siparuna muricata* como especie arbórea a futuro será dominante en su cobertura al resto de especies arbustivas y herbáceas; *Pteridium arachnoideum*, que solo presentó un individuo mantuvo alta cobertura (7 %) debido a la formación de frondas amplias.

7.6. Comparación de la vegetación de las transposiciones de suelo

Las transposiciones versus los sitios de referencia representaron una alta exclusividad de las especies. La transposición de sucesión versus su sitio de referencia compartió el mayor número de especies (9), es decir se trasladó el 29 % de semillas de las especies hacia el área degradada, posiblemente, otras semillas están esperando las condiciones para germinar. Por el contrario, la baja similitud también se atribuye a la sobrevivencia en los bancos de semillas, y en consecuencia la pérdida de especies como el caso del matorral.

Por otra parte, una disimilitud en el ensamblaje de especies al área degradada puede ser positivo, ya que aumentan las probabilidades de mayor riqueza. Así mismo Reis y Tres (2007) reportan baja similitud (0,28 - 0,38) y sustenta que, la heterogeneidad espacial y temporal induce al mayor reclutamiento de especies previamente adaptadas a una variedad de

condiciones biológicas y físicas. Lo contrario sucedió en la transposición de bosque versus sucesión, sus poblaciones tienen alta similitud (65 %) lo que sugiere que son comunidades casi homogéneas, por lo cual, cualquiera de las dos coberturas son una buena opción para la restauración.

7.7. Comparación de las condiciones físicas de los sitios de referencia

Adicional a la evaluación de las transposiciones, es necesario conocer las características físicas de los sitios de referencia, ya que brindan información de la proyección o escenario futuro que se desea recuperar en un nuevo escenario (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015). Permite conocer que es lo que llevamos a un nuevo ecosistema, posiblemente, especies nativas, exóticas o invasoras. Además, indican la ecología de algunas especies como, por ejemplo, las condiciones de luz, hábitos de crecimiento, fenología, etc.

Se identificó que el bosque de referencia es más complejo en su estructura (Aguirre et al., 2017), con una alta cobertura (~79 %) que no difieren en mayor porcentaje con el área de sucesión (Espinoza, 2020). Por otra parte, el matorral por su condición de haber sido afectado por incendios se encuentra en proceso de recuperación de la composición y estructura (Muñoz et al., 2022) lo cual disminuye su porcentaje de cobertura (~50 %). En cuanto al espesor del horizonte O, esta registró un incremento según el tipo de vegetación y su altitud, siendo así que a mayor altitud el matorral presentó mayor espesor (4,17 cm), reflejando una correlación positiva. Por último, la pendiente fue mayor en el bosque que alberga una topografía irregular típica de bosques andinos. Pedersen et al. (2023) sostienen que estas variables son factores determinantes para la colonización de la vegetación.

Por otra parte, en la restauración se ha reconocido la importancia de la evaluación o monitoreo de las variables físicas y químicas de los suelos, ya que indican el estado de conservación de los sitios de referencia (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015), y por ende las condiciones requeridas por las especies para su desarrollo.

Se presentó la particularidad que el área degradada a pesar de haber sido intervenida no refleja diferencias significativas en pH, porosidad ($p > 0,0008$) y densidad aparente ($p > 0,0095$) con respecto al sitio de referencia del bosque. El carbono (~9 %) y materia orgánica (~18 %) depositados en el matorral presentaron mayores diferencias significativas ($p > 0,0001$). Estos valores son similares a los reportados en el matorral andino por González et al. (2023) como parte del monitoreo del suelo en procesos de restauración. El pH en general fue ácido y se atribuye a los suelos andinos (González et al., 2023; Hofstede et al., 1998).

La densidad aparente y su porosidad indican que los suelos de los sitios de referencia se encuentran en buen estado de conservación. En particular el área testigo, a pesar de haber sido

intervenido, se atribuye una explicación, que el área no fue sometida a una agricultura intensiva. Por ende, sus propiedades físico-químicas no cambiaron en su totalidad. Kimmell et al. (2023) mencionan la importancia de la restauración para mejorar y evaluar la salud de los suelos, y para ello se toman en cuenta variables físicas (agregados, densidad aparente) y químicas como el nitrógeno.

8. Conclusiones

Los suelos degradados por actividades de agricultura de bajo impacto, preliminarmente se determinó que son más fáciles de recuperar mediante el aporte de las transposiciones de suelos como una técnica alternativa de la restauración activa en ecosistemas andinos. Esto debido a que logra contribuir con una gran cantidad de diversidad con especies arbustivas, herbáceas y arbóreas autóctonas que son típicas de bosques secundarios o clímax.

Las transposiciones de suelo de sucesión fueron las de mayor aporte a la diversidad específica. Esto debido a que es un bosque secundario que se encuentran en mayor dinámica y su comunidad aún no es estable. El bosque también aportó con alta diversidad, sin embargo, fue menor a la sucesión ya que este representa una comunidad más estable, considerándose como clímax.

La transposición de suelo de las coberturas sucesión y bosque aceleraron el estado sucesional con respecto al testigo, con la presencia importante de especies arbustivas y en mínimo arbóreas, lo que permite la continuidad de estas comunidades vegetales establecidas en las tierras degradadas por agricultura no intensiva; además, la posible interacción futuras con la fauna local ya que se verán atraídas por la producción de frutos para su alimentación o refugio, entre otros beneficios ecológicos.

Esta técnica es más efectiva cuando el área degradada ya no se pretende dedicar a otro tipo de uso de suelo, el objetivo será netamente recuperar y conservar. Caso contrario, se deben aplicar individualmente o en combinación técnicas para la restauración activa como plantaciones en bloque, siembra directa de semillas, enriquecimientos con especies forestales, cercas vivas, sistemas agroforestales, entre otros.

9. Recomendaciones

Controlar el transporte del material de las transposiciones, ya que puede desplazarse material vegetativo de especies agresivas o invasoras. Esto inestabilizaría las comunidades ecológicas autóctonas, como por ejemplo la presencia de *Pteridium arachnoideum*. En tal caso es necesario una intervención silvicultural antes que la especie logre colonizar.

Aplicar la técnica utilizando muestras de suelo con mayor dimensión de 1 × 1 m y 5 o 10 cm de profundidad. Estas deberán ser colocadas bajo las mismas condiciones de degradación u otras que se desee experimentar. Además, se recomienda aplicar muestras con sarán y sin sarán para determinar el efecto en el aporte de diversidad.

Adicionalmente, a parte de los análisis físicos y químicos del suelo, también es importante realizar un análisis de nutrientes del suelo lo que permitirá conocer a detalle las preferencias edáficas de las especies.

Experimentar la combinación de esta técnica con otras de restauración activa o pasiva para potencializar el aporte de la diversidad. Esto puede permitir el aceleramiento y mayor activación de los procesos sucesionales, logrando promover la formación de núcleos de diversidad.

10. Bibliografía

Aguilar-Garavito, M., y Ramírez, W. (Eds.). (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres* (Primera edición).

Aguirre, N., Torres, J., y Velasco-Linares, P. (2013). *Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf>

Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*.

Aguirre, Z., Díaz, E., Muñoz, J., y Muñoz, L. (2019). Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 26(3), 943-964. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26306>

Aguirre, Z., Espinoza, F., Jaramillo, N., y Peña, J. (2021). Sucesión de especies vegetales leñosas bajo una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill., en la hoya de Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(2), 241-263.

Aguirre, Z., Reyes, B., Quizhpe, W., y Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543-556. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24207>

Aguirre-Mendoza, Z., Jaramillo-Díaz, N., y Quizhpe-Coronel, W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador* (Universidad Nacional de Loja).

Aguirre-Mendoza, Z., y Yaguana, C. (2014). *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro*.

Baider, C., Tabarelli, M., y Mantovani, W. (2001). The soil seed bank during Atlantic Forest regeneration in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(1), 35-44. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000100006>

Baker, Herbert. G. (1989). Some Aspects of the Natural History of Seed Banks. En *Ecology of soil seed bank* (pp. 9-21). Elsevier.

Barrera-Cataño, J. I., y Valdés-López, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum*, 12(2), 11-24.

Bechara, F. C., Dickens, S. J., Farrer, E. C., Larios, L., Spotswood, E. N., Mariotte, P., y Suding, K. N. (2016). Neotropical rainforest restoration: Comparing passive, plantation and nucleation approaches. *Biodiversity and Conservation*, 25(11), 2021-2034. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1186-7>

Bechara, F. C., Filho, E. M. C., Barretto, K. D., de, V., Gabriel, A., y Antunes, A. Z. (2007). Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras de Biodiversidade. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(1), 9-11.

Bedoya-Patiño, J. G., Estévez-Varón, J. V., y Castaño-Villa, G. J. (2010). Banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de los bosques tropicales. *Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(2), 77-91.

Bochet, E., García-Palacios, P., Peco, B., y Tormo, J. (2011). Procesos ecológicos y restauración de la cubierta vegetal. *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte: bases científicas para soluciones técnicas*, 101-141.

Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología*.

Budowski, G. (1965). Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. *Turrialba*, 15(1), 40-42.

Carrera, G. (2019). *Banco de semillas del suelo en dos ecosistemas del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación «Francisco Vivar Castro»* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Loja.

Ceccon, E., y Pérez, D. (2016). *Más allá de la ecología de la restauración: Perspectivas sociales en América Latina y el Caribe* (1.ª ed.).

Chao, A., Gotelli, N., Hsieh, T., Sander, E., Ma, K., Colwell, R., y Ellison, A. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45-67.

Clements, F. (1916). *Plant succession: An analysis of the development of vegetation* (<http://Awww.archive.org/details/cu31924000531818>). Cornell University. <http://Awww.archive.org/details/cu31924000531818>

Clewell, A., y Aronson, J. (2013). The SER primer and climate change. *Ecological Management & Restoration*, 14(3), 182-186 pp. <https://doi.org/10.1111/emr.12062>

Corbin, J. D., y Holl, K. D. (2012). Applied nucleation as a forest restoration strategy. *Forest Ecology and Management*, 265, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.013>

de Oliveira Bahia, T., Martins, C., Antonini, Y., y Cornelissen, T. (2023). Contribution of nucleation techniques to plant establishment in restoration projects: An integrative review and meta-analysis. *Restoration Ecology*, 31(7). Scopus. <https://doi.org/10.1111/rec.13932>

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 de grado]. Universidad Nacional de Loja.

FAO, y PNUMA. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020*. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>

Fernández, E. (2022). *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]. Universidad Nacional de Loja.

Finegan, B. (1984). Forest succession. *Nature*, 312(5990), 109-114. <https://doi.org/10.1038/312109a0>

Finegan, B. (1996). Pattern and process in neotropical secondary rain forests: The first 100 years of succession. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(3), 119-124. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)81090-1](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)81090-1)

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., y Dixon, K. W. (2019). Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. *Restoration Ecology*, 27(S1). <https://doi.org/10.1111/rec.13035>

García-Martí, X., y Ferrer, P. (2013). *La creación de núcleos de dispersión y reclamo como modelo de restauración ecológica forestal*. 149-159 pp.

González, L., Granda, V., Pacheco, I., y Aguirre, Z. (2023). Ensayos de sobrevivencia y crecimiento inicial con tres especies forestales en un matorral andino del sur del Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 44(2), 1-12.

Guimarães, A. (2015). *Restauración de ambientes degradados por la actividad pecuaria* [Tesis de Doctorado, Universidad de Barcelona]. <http://hdl.handle.net/2445/103729>

Hofstede, R., Lips, J., y Jongsma, W. (1998). *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador*.

Holl, K. (2023). *Introducción a la restauración ecológica*.

Holl, K., Reid, J. L., Cole, R. J., Oviedo-Brenes, F., Rosales, J., y Zahawi, R. A. (2020). Applied nucleation facilitates tropical forest recovery: Lesson learned from a 15-year study. *British Ecological Society*, 2316-2328.

Kimmell, L. B., Fagan, J. M., y Havrilla, C. A. (2023). Soil restoration increases soil health across global drylands: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 60(9), 1939-1951. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14459>

Leck, M. A., Thomas, P., y Robert, S. (2012). *Ecology of Soil Seed Banks*. Elsevier.

Lozano, P., y Bussman, R. (2005). Importancia de los deslizamientos en el Parque Nacional Podocarpus, Loja, Ecuador. *Revista peruana de biología*, 12(2), 195-202.

Martínez, E. (1996). Restauración ecológica. *Ciencias*, 043, 6.

Martínez-Ramos, M., y García-Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Botanical Sciences*, 80S, 69-84. <https://doi.org/10.17129/botsci.1758>

McDonald, T., Gann, G. D., Jonson, J., y Dixon, K. W. (2016). Estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica—Incluyendo principios y conceptos clave. *Society for Ecological Restoration*, 50 p.

Medina, K. (2023). *Estudio del Banco de semillas del suelo en el ecosistema matorral del Parque Universitario «Francisco Vivar Castro», Loja, Ecuador* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Loja.

Mendoza, R., y Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos* (Primera edición).

Ministerio del Ambiente. (2019). *Plan Nacional de Restauración 2019-2030*.

Mocha, J. (2020). *Banco de semillas del suelo en el bosque montano en el Parque Universitario «Francisco Vivar Castro», Loja, Ecuador* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Loja.

Mostacedo, B., y Fredericksen, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. El País.

Muñoz, L., Ulloa, E., Muñoz, J., y Aguirre, Z. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), Article 2.

Murcia, C., y Guariguata, M. R. (2014). *La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades*. CIFOR.

Neto, A. M., Kunz, S. H., Martins, S. V., Silva, K. de A., y Silva, D. A. da. (2010). Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. *Revista Árvore*, 34(6), 1035-1043. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600009>

Oliveira, A. (2013). *Recuperação de uma área degradada do cerrado através de modelos de nucleação, galharias e transposição de banco de sementes* [Tesis de Doctorado, Universidade de Brasília]. https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15659/1/2013_AndersonJoseFerreiradeOliveira.pdf

ONU. (2021). *Principios para la restauración de los ecosistemas como guía para el Decenio de las Naciones Unidas 2021-2030*.

Pedersen, N. K., Schmidt, I. K., y Kepfer-Rojas, S. (2023). Drivers of tree colonization, species richness, and structural variation during the initial three decades of natural forest

colonization in abandoned agricultural soils. *Forest Ecology and Management*, 543, 121138. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121138>

Piaia, B. B., Rovedder, A. P. M., Costa, E. A., Felker, R. M., Piazza, E. M., y Stefanello, M. de M. (2017). Transposição do banco de sementes para restauração ecológica da floresta estacional no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5442>

Pilon, N. A. L., Campos, B. H., Durigan, G., Cava, M. G. B., Rowland, L., Schmidt, I., Sampaio, A., y Oliveira, R. S. (2023). Challenges and directions for open ecosystems biodiversity restoration: An overview of the techniques applied for Cerrado. *Journal of Applied Ecology*, 60(5), 849-858. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14368>

Poorter, L., Amissah, L., Bongers, F., Hordijk, I., Kok, J., Laurance, S. G. W., Lohbeck, M., Martínez-Ramos, M., Matsuo, T., Meave, J. A., Muñoz, R., Peña-Claros, M., y van der Sande, M. T. (2023). Successional theories. *Biological Reviews*, 98(6), 1-29. <https://doi.org/10.1111/brv.12995>

Ramírez-Soto, A., García-Valencia, A., y Trujillo-Santos, O. (2022). *Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) para enfrentar el cambio climático en zonas de montaña. La restauración ecológica como estrategia complementaria a la agroforestería*. CityAdapt, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Reis, A., Bechara, F., Campanhã, F., Vegetal, B., Neide, V., Vieira, K., y Souza, L. (2003). Restoration of damaged land areas: Using nucleation to improve successional processes. *Natureza & conservação revista brasileira de conservação da natureza*, 1, 85-92.

Reis, A., y Tres, D. (2007). *Recuperación de áreas degradadas: La función de la nucleación*.

Rodrigues, B. D., Martins, S. V., y Leite, H. G. (2010). Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. *Revista Árvore*, 34(1), 65-73. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000100008>

Rojas-Botero, S., Solorza-Bejarano, J., Kollmann, J., y Teixeira, L. H. (2020). Nucleation increases understory species and functional diversity in early tropical forest restoration. *Ecological Engineering*, 158, 106031. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106031>

Sabattini, J., y Sabattini, R. (2018). Sucesión vegetal y restauración ecológica. *Revista Científica Agropecuaria*, 22(1-2), 31-53.

Sabogal, C., Christophe, B., y McGuire, D. (2015). Restauración de bosques y paisajes: Conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución. *Unasylva. Revista Internacional sobre bosques y actividades e industrias forestales*, 66(245), 116.

Sánchez, J. (2021). *Banco de semillas del suelo en el páramo antrópico del Parque Universitario «Francisco Vivar Castro» (PUFVC), Loja, Ecuador* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Loja.

Sanchún, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C., y Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: Manual de técnicas*.

SER. (2004). *Principios de SER International sobre la Restauración Ecológica*.

Silva, V. (2011). *Avaliação da transposição do banco de sementes do solo entre fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais* [Tesis de grado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro].
<http://devrima.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/5407/1/Vinicius.pdf>

Simpson, R. L., Leck, M. A., y Parker, V. T. (1989). Seed Banks: General Concepts and Methodological Issues. En *Ecology of Soil Seed Banks* (pp. 3-8). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-440405-2.50006-3>

Soares, S. M. P. (2010). Técnicas de restauração de áreas degradadas. *Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora*, 1-9.

Sousa, F. Q. de, Souto, J. S., Leite, A. P., Holanda, A. C. de, Agra, P. F. M., y Santos, L. C. dos. (2020). Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó / Soil seed bank transposition for the ecological restoration of caatinga in the Seridó Desertification Nucleus. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 50120-50138. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-605>

Tres, D., y Reis, A. (2009). Técnicas nucleadoras na restauração de floresta ribeirinha em área de Floresta Ombrófila Mista, Sul do Brasil. *Biotemas*, 22(4), 59-71.

Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino* (Primera edición).

Vargas, O. (2008). *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino* (Segunda edición).

Villareal, H., Álvarez, M., Córdova, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., y Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (Claudia María Villa).

Zahawi, R. A., Holl, K. D., Cole, R. J., y Reid, J. L. (2013). Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Journal of Applied Ecology*, 50(1), 88-96. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12014>

11. Anexos

Anexo 1. Caracterización de los agentes del disturbio en el área degradada por agricultura.

Disturbios	Presencia (Si/ No)	Caracterización del disturbio											
		Por su factor de origen			Por la dimensión espacial			Por su magnitud			Por la dimensión temporal		
		Natural	Antropico	Natural / antropico	Grande	Mediano	Pequeno	Grave	Mediano	Leve	Abrupto	Gradual	
Sistemas de producción extensiva e intensiva (agricultura/ganadería)	Si		X				X (30 m * 50 m)		X				X
Extracción de materiales a cielo abierto	No												
Desarrollo industrial/urbanístico	No/ influencia a 25 m												
Incendios forestales y/o quemas	No												
Invasiones biológicas	No												
Sistemas productivos forestales no sostenibles	No No												
Sobreexplotación de recursos biológicos	No												
Cultivos ilícitos	No												
Contaminación	No												
Potrerización	Leve		X				X		X				X
Compactación del suelo	Si		X				X		X				X
Huracanes	No												
Terremotos	No												
Fuego natural	No												
Deslizamientos de tierra	No												
Inundaciones	No												
Otros:													

Anexo 2. Actividades de agricultura no intensiva previas al abandono del sitio de estudio.



Anexo 3. Preparación del terreno para la trasposición de suelos de los tres tipos de cobertura vegetal.



Anexo 4. Hoja de campo para el monitoreo de las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal establecidas en el área degradada.

Hoja de campo para levantamiento de la composición florística de las transposiciones de suelo en un área degradada por agricultura						
Fecha:			Evaluador:			
Código foto:			Condición del clima:			
Nº ind	Cobertura	Cod	Fecha	Familia	Especie	Observación
1	Bosque	B1				
2 ...	Bosque	B2 ...				
1	Matorral	M1				
2 ...	Matorral	M2 ...				
1	Sucesión	S1				
2 ...	Sucesión	S2 ...				

Anexo 5. Monitoreo de las transposiciones de suelo de cada tipo de cobertura vegetal establecidas en el área degradada.



Anexo 6. Evaluación de la cobertura de la vegetación de cada transposición mediante el método de Braun Blanquet.



Anexo 7. Caracterización de las condiciones físicas y biológicas de los sitios de referencia y área degradada.



Anexo 8. Abundancias de individuos vivos y muertos por especies y tipo de cobertura.

Especies	Bosque		Matorral		Sucesión	
	M	V	M	V	M	V
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll.Arg.	1				4	43
<i>Begonia</i> sp.					1	
<i>Bidens pilosa</i> L.		1			2	1
<i>Blechnum occidentale</i> L.		2				2
<i>Bomarea</i> sp.				2		
<i>Bryum</i> sp.					1	
<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.						2
<i>Cleome longifolia</i> C. Presl	1					
<i>Colignonia scandens</i> Benth.		17				
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	7					
<i>Commelina erecta</i> L.						
<i>Commelina</i> sp.					1	
<i>Cyperus rotundus</i> L.	1	4				
<i>Cyperus</i> sp.					1	1
<i>Digitaria</i> sp.			3	7		
<i>Drymaria</i> sp.		2				
<i>Erigeron canadensis</i> L.		28				42
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.						
<i>Gamochaeta</i> sp.		9			1	10
<i>Gnaphalium</i> sp.				2		
<i>Hydrocotyle</i> sp.						1
<i>Jaegeria hirta</i> Less.	2	7			3	2
<i>Medicago polymorpha</i> L.						
<i>Monnina</i> sp.				1		
<i>Munnozia</i> sp.						1
<i>Oxalis corniculata</i> L.					2	28
<i>Oxalis</i> sp.	2					
<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause				4		
<i>Palicourea</i> sp.		6				
<i>Pappobolus nigrescens</i> (Heiser) Panero		2				7
<i>Paspalum</i> sp.			17	6		
<i>Passiflora ligularis</i> Juss.						2
<i>Peperomia obtusa</i> Yunck		1				
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	1				1	1
<i>Physalis peruviana</i> L.						4
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth		14		2	1	3
<i>Poa annua</i> Cham. & Schltdl.						
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon				1		
<i>Rubus</i> sp.					1	9
<i>Rynchosphora</i> sp.				2		
<i>Serjania diffusa</i> Radlk.						1
<i>Sida rhombifolia</i> L.	1					1

Especies	Bosque		Matorral		Sucesión	
	M	V	M	V	M	V
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	1	3				4
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp		1			4	
<i>Solanum</i> sp.						2
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.				1		
<i>Verbesina pentantha</i> S.F. Blake		5				4
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth						1
<i>Zeugites americanus</i> Willd.		6			3	1
Total	17	108	20	28	26	173

M= muerto; V= vivo

Anexo 9. Listado de la composición florística caracterizada en los sitios de referencia de cada tipo de cobertura y área degradada.

Tipo de cobertura	Familia	Especie	Hábito crecimiento	Nombre común
Sucesión	Primulaceae	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Árbol	Yuber
Sucesión	Primulaceae	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Árbol	Maco maco
Sucesión	Solanaceae	<i>Solanum</i> cf. <i>cutervanum</i> Zahlbr.	Árbol	
Sucesión	Araliaceae	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Árbol	Pumamaqui
Sucesión	Siparunaceae	<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A.DC.	Árbol	Limoncillo
Sucesión	Boraginaceae	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth	Árbol	
Sucesión	Rhamnaceae	<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov	Árbol	Aliso amarillo
Sucesión	Fabaceae	<i>Senna viarum</i> (Little) H.S.Irwin & Barneby	Árbol	Motesiso
Sucesión	Proteaceae	<i>Roupala monosperma</i> I.M.Johnst.	Árbol	Roble andino
Sucesión	Anacardiaceae	<i>Mauria heterophylla</i> Kunth	Árbol	Sarnoso
Sucesión	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Árbol	Almizele
Sucesión	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> Walp.	Árbol	Capulí de cerro
Sucesión	Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Árbol	Quique
Sucesión	Moraceae	<i>Morus insignis</i> Bureau	Árbol	
Sucesión	Euphorbiaceae	<i>Acalypha stenoloba</i> Müll. Arg.	Arbusto	Avispillo
Sucesión	Sapindaceae	<i>Serjania diffusa</i> Radlk.	Trepadora	
Sucesión	Asteraceae	<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F.Blake) Panero	Arbusto	
Sucesión	Asteraceae	<i>Bidens</i> sp.	Arbusto	
Sucesión	Piperaceae	<i>Piper barbatum</i> Kunth	Arbusto	Matico
Sucesión	Piperaceae	<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	Arbusto	Matico

Tipo de cobertura	Familia	Especie	Hábito crecimiento	Nombre común
Sucesión	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Arbusto	Rañiz
Sucesión	Solanaceae	<i>Streptosolen jamesonii</i> (Benth.) Miers	Arbusto	Flor de sol
Sucesión	Clusiaceae	<i>Clusia latipes</i> Planch. & Triana	Arbusto	Duco
Sucesión	Solanaceae	<i>Cestrum tomentosum</i> L.f.	Arbusto	
Sucesión	Poaceae	<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G.Clark & Londoño	Arbusto	
Sucesión	Melastomataceae	<i>Miconia obscura</i> Naudin	Arbusto	
Sucesión	Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i> DC.	Arbusto	Cafetillo
Sucesión	Passifloraceae	<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	Trepadora	Granadilla
Sucesión	Lamiaceae	<i>Salvia scutellarioides</i> Kunth	Hierba	
Sucesión	Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.	Trepadora	Mora
Sucesión	Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	Hierba	Helecho
Sucesión	Commelinaceae	<i>Elasis hirsuta</i> (Kunth) D.R.Hunt	Hierba	
Sucesión	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Hierba	Canutillo
Sucesión	Melastomataceae	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Arbusto	Garra del diablo
Sucesión	Asteraceae	<i>Ageratina pichinchensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	Hierba	
Sucesión	Poaceae	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P. Beauv.	Hierba	
Sucesión	Piperaceae	<i>Peperomia obtusa</i> Yunck	Hierba	
Sucesión	Alstroemeriaceae	<i>Bomarea</i> sp.	Hierba	
Bosque	Lauraceae	<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	Árbol	Canelón
Bosque	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Árbol	Aliso
Bosque	Primulaceae	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Árbol	Yuber
Bosque	Meliaceae	<i>Cedrela montana</i> Turcz.	Árbol	Cedro
Bosque	Clusiaceae	<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	Árbol	Duco
Bosque	Moraceae	<i>Morus insignis</i> Bureau	Árbol	
Bosque	Araliaceae	<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Árbol	Pumamaqui
Bosque	Araliaceae	<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal	Árbol	Pumamaqui
Bosque	Primulaceae	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Árbol	Maco maco
Bosque	Rosaceae	<i>Prunus opaca</i> Walp.	Árbol	Capulí de cerro
Bosque	Araliaceae	<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	Árbol	Sheflera
Bosque	Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i> DC.	Arbusto	Cafetillo
Bosque	Solanaceae	<i>Solanum abitaguense</i> S.Knapp	Arbusto	Sacha naranjilla
Bosque	Solanaceae	<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	Arbusto	

Tipo de cobertura	Familia	Especie	Hábito crecimiento	Nombre común
Bosque	Urticaceae	<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	Arbusto	
Bosque	Melastomataceae	<i>Miconia obscura</i> Naudin	Arbusto	
Bosque	Cloranthaceae	<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms.	Arbusto	Borracho
Bosque	Poaceae	<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G.Clark & Londoño	Arbusto	
Bosque	Piperaceae	<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	Arbusto	Matico
Bosque	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea rosei</i> R. Knuth	Trepadora	
Bosque	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Arbusto	Rañiz
Bosque	Melastomataceae	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Arbusto	Garra del diablo
Bosque	Melastomataceae	<i>Miconia lutescens</i> (Bonpl.) DC.	Arbusto	
Bosque	Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	Hierba	Helecho arbóreo
Bosque	Piperaceae	<i>Peperomia obtusa</i> Yunck	Hierba	
Bosque	Arecaceae	<i>Anthurium</i> sp.	Hierba	Anturio
Bosque	Poaceae	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P. Beauv.	Hierba	
Bosque	Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Hierba	Coquito
Bosque	Piperaceae	<i>Peperomia galioides</i> Kunth.	Hierba	
Bosque	Begoniaceae	<i>Begonia</i> sp.	Hierba	Begonia
Bosque	Asteraceae	<i>Mikania</i> sp.	Trepadora	
Bosque	Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Hierba	Comelina
Matorral	Cunnoniaceae	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth.	Árbol	Cashco
Matorral	Primulaceae	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Árbol	Yuber
Matorral	Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Árbol	Almizcle
Matorral	Myricaceae	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Arbusto	Laurel de cera
Matorral	Asteraceae	<i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C.Jeffrey	Arbusto	
Matorral	Lamiaceae	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	Arbusto	Casa casa
Matorral	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Arbusto	Llashipa
Matorral	Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Arbusto	Rañiz
Matorral	Melastomataceae	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Arbusto	Garra del diablo
Matorral	Lamiaceae	<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley.	Arbusto	Poleo del inca
Matorral	Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	Arbusto	
Matorral	Rubiaceae	<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	Arbusto	Cafetillo
Matorral	Proteaceae	<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br.	Arbusto	Cucharillo

Tipo de cobertura	Familia	Especie	Hábito crecimiento	Nombre común
Matorral	Asteraceae	<i>Cronquistianthus loxensis</i> R.M. King & H. Rob.	Arbusto	
Matorral	Asteraceae	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers	Hierba	Mano de dios
Matorral	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Hierba	Licopodium
Matorral	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium thyoides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Hierba	Licopodium
Matorral	Poaceae	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P. Beauv.	Hierba	
Matorral	Cyperaceae	<i>Rynchospora</i> sp.	Hierba	
Matorral	Poaceae	<i>Cortaderia bifida</i> Pilg.	Hierba	Zig-Zig
Matorral	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea rosei</i> R. Knuth	Trepadora	
Matorral	Violaceae	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. & Schult	Hierba	
Matorral	Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	Hierba	Paja de cerro
Matorral	Orchidaceae	<i>Elleanthus amethystinus</i> (Poepp. & Endl.) Rchb. f.	Hierba	
Matorral	Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus celsus</i> Tissot- Squalli	Hierba	
Matorral	Orchidaceae	<i>Epidendrum macrostachyum</i> Lindl.	Hierba	Cristo grande
Matorral	Iridaceae	<i>Orthrosanthus</i> <i>chimboraensis</i> (Kunth) Baker	Hierba	
Matorral	Ericaceae	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	Arbusto	Mote de oso
Matorral	Ericaceae	<i>Gaultheria reticulate</i> Kunth.	Arbusto	
Matorral	Ericaceae	<i>Bejaria subsessilis</i> Benth	Hierba	Payamo
Matorral	Ericaceae	<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L. f.	Arbusto	Payamo
Matorral	Ericaceae	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold.	Arbusto	Zalapa
Matorral	Ericaceae	<i>Macleania salapa</i> (Benth.) Hook.f. ex Hoerold	Arbusto	Joyapa
Matorral	Gentianaceae	<i>Macrocarpaea sodiroana</i> Gilg	Arbusto	Trompetita
Matorral	Clethraceae	<i>Clethra ovalifolia</i> Turcz.	Arbusto	
Matorral	Ericaceae	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth.	Arbusto	Mortiño
Matorral	Asteraceae	<i>Baccharis</i> <i>brachylaenoides</i> DC.	Arbusto	
Testigo	Melastomataceae	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.		
Testigo	Lamiaceae	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	Arbusto	
Testigo	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	Hierba	
Testigo	Violaceae	<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. & Schult	Hierba	
Testigo	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i> L.	Hierba	

Tipo de cobertura	Familia	Especie	Hábito crecimiento	Nombre común
Testigo	Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Arbusto	Cosa-Cosa
Testigo	Asteraceae	<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	Hierba	Ojo de perico
Testigo	Fabaceae	<i>Medicago polymorpha</i> L.	Hierba	Trébol carretilla
Testigo	Poaceae	<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees	Hierba	Rabo de zorra
Testigo	Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	Hierba	Camote
Testigo	Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Hierba	Papa
Testigo	Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	Hierba	
Testigo	Asteraceae	<i>Conyza</i> sp.	Hierba	
Testigo	Plantaginaceae	<i>Stemodia suffruticosa</i> Kunth	Arbusto	
Testigo	Orobanchaceae	<i>Castilleja arvensis</i> Schltdl. & Cham.	Hierba	
Testigo	Hyericaceae	<i>Hypericum</i> sp.	Hierba	

Anexo 10. Características físicas y químicas de los suelos de los sitios de referencias de cada tipo de cobertura vegetal.

Cobertura	Código	DA (g/cm ³)	Ao (%)	Lo (%)	Ac (%)	Textura	Po (%)	pH	C (%)	M.O (%)
Testigo	T1	1,1	53,28	40	6,72	Fa	58,57	4,3	6,65	12,60
Testigo	T2	1,0	55,28	38	6,72	Fa	61,66	4,3	7,51	14,24
Testigo	T3	1,1	44,56	39,6	15,8	F	57,77	4,2	6,46	12,25
Bosque	B1	1,3	37,28	46	16,72	F	50,53	4,2	4,87	9,24
Bosque	B2	1,3	45,28	36	18,72	F	49,58	4,3	5,00	9,49
Bosque	B3	1,5	35,28	40	24,72	F	45,25	4,8	3,30	6,25
Matorral	M1	1,0	55,64	39,64	4,72	Fa	62,34	3,7	8,92	16,92
Matorral	M2	0,8	53,28	42	4,72	Fa	69,81	3,9	9,49	18,00
Matorral	M3	0,7	56,92	38	5,08	Fa	74,04	3,6	10,81	20,50
Sucesión	S1	1,4	40,92	38	21,08	F	45,92	4,3	2,28	4,32
Sucesión	S2	1,2	50,92	36	13,08	F	53,21	5	3,38	6,41
Sucesión	S3	1,5	49,28	37,64	13,08	F	43,77	4,9	3,73	7,07

Ao= arena; Lo= limo; Ac= arcilla; Po= porosidad; C= carbono; M.O= materia orgánica

Loja, 12 de junio del 2024

Mgs.

Elsa del Rocío Sánchez Poma

CERTIFICA:

Haber realizado la traducción del resumen inserto en el trabajo de titulación denominado "Transposición de suelos como técnica de restauración de vegetación degradada en un ecosistema andino de la hoya de Loja", elaborado por el Sr. Leonardo Paúl González Niveló con cédula de identidad: 1900822329, previo a la obtención del título de **MAGISTER EN RESTAURACIÓN DE PAISAJES TROPICALES**, conferido por la Universidad Nacional de Loja.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad para los fines legales pertinentes, autorizando el uso que corresponde.

Atentamente,



Mgs. Elsa del Rocío Sánchez Poma
CI: 1105444081
Reg. Senescyt 1008-15-1364524