



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Transposición de suelos en la recuperación inicial de la vegetación en un área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario

Francisco Vivar Castro

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniera Forestal

AUTORA:

María Teresa Saabedra Jiménez

DIRECTOR:

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 08 de agosto de 2024

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular: **Transposición de suelos en la recuperación inicial de la vegetación en un área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro** de autoría de la estudiante **María Teresa Saabedra Jiménez**, previa a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.



Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **María Teresa Saabedra Jiménez** declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular 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 mí Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de Identidad: 1104975824

Fecha: 20 de noviembre de 2024

Correo electrónico: maria.saabedra@unl.edu.ec

Teléfono/Celular: 0959412517

Carta de autorización por parte de la autora para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **María Teresa Saabedra Jiménez** declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular titulado **Transposición de suelos en la recuperación inicial de la vegetación en un área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro** como requisito para optar el título de **Ingeniera Forestal** 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 de la siguiente manera 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 Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte días de noviembre del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: María Teresa Saabedra Jiménez

Cédula: 1104975824

Dirección: Barrio Esteban Godoy

Correo electrónico: maria.saabedra@unl.edu.ec

Teléfono/Celular: 0959412517

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico con todo mi amor la presente investigación a mis padres Sr. Lider Andrés Saabedra y Sra. Mariana del Cisne Jiménez, porque ellos siempre estuvieron brindándome su apoyo incondicional, sus consejos, valores, su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos. Muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. A mis hermanas por motivarme constantemente a lograr mis anhelos.

De igual forma, dedico esta investigación a mi director de tesis, Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg, Sc. quien me brindo su confianza y sus conocimientos para lograr culminar esta investigación, a los docentes de la Universidad Nacional de Loja especialmente a los de la carrera de ingeniería forestal que día a día trabajan formando profesionales.

.....

María Teresa Saabedra Jiménez

Agradecimiento

Al concluir esta maravillosa etapa de mi vida quiero expresar mis más sinceros agradecimientos, primeramente, a Dios por otorgarme la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa, a mis padres por su apoyo incondicional, por enseñarme que con esfuerzo se puede lograr las aspiraciones propuestas y a no rendirme en los momentos difíciles, a mis hermanas por sus palabras de aliento y apoyo, gracias por creer y confiar en mí en cada una de las metas que me planteo.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja por ser el escenario donde se desarrolló mi formación académica y brindarme la oportunidad de adquirir grandes conocimientos, mi especial agradecimiento a mi director del Trabajo de Integración Curricular, Ing. Luis Fernando Muñoz por su paciencia, dedicación, y apoyo en el desarrollo de mi trabajo por guiarme con su experiencia, agradezco a su vez al Ing. Leonardo González por orientarme durante todo el proceso, a los docentes de la Universidad Nacional de Loja por impartir sus conocimientos y finalmente a mis amigos y compañeros que me ayudaron y colaboraron durante el desarrollo de mi trabajo de Integración Curricular, gracias a todos los que formaron parte de esta gran experiencia.

María Teresa Saabedra Jiménez

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xiii
Índice de anexos	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
4. Marco teórico	6
4.1. Restauración de ecosistemas	6
4.1.1. Concepto de restauración.....	6
4.1.2. Principios de la restauración de ecosistemas	7
4.1.3. Estrategias de la restauración.....	8
4.1.4. Sucesión ecológica en la restauración	8
4.2. Técnicas de restauración de ecosistemas	9

4.2.1. Perchas artificiales	9
4.2.2. Siembra directa de semillas	9
4.2.3. Plantaciones en bloque	9
4.2.4. Grupos de Anderson	9
4.2.5. Transposición de suelos.....	10
4.3. Degradación de ecosistemas por actividades agropecuarias.....	11
4.3.1. Concepto de degradación	11
4.3.2. Causas de la degradación.....	11
4.3.3. Impacto de actividades agropecuarias	11
4.4. Experiencias de restauración de ecosistemas.....	12
4.4.1. Caracterización de ecosistemas	12
4.4.2. Estudios sobre prácticas de restauración activa.....	12
4.4.3. Estudios relacionados con actividades restaurativas en el PUFVC.....	12
5. Metodología.....	15
5.1. Área de estudio	15
5.2. Metodología para caracterizar la vegetación y propiedades del suelo en un área abandonada por actividades agropecuarias.....	16
5.2.1. Caracterización de la vegetación	16
5.2.2. Medición de variables.....	16
5.2.3. Variables calculadas	17
5.2.4. Caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo.....	18
5.3. Metodología para evaluar el aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica de transposición de suelos en áreas abandonadas por actividades agropecuarias	19
5.3.1. Selección del sitio de ensayo	19
5.3.2. Tamaño, número y recolección de unidades de muestreo	20

5.3.3. Diseño del experimento	20
5.3.4. Medición de variables.....	22
5.4 Análisis de datos.....	22
6. Resultados	23
6.1. Caracterización de la vegetación y propiedades del suelo en un área degradada por actividades agropecuarias	23
6.1.1. Composición y diversidad florística	23
6.2.2. Parámetros estructurales	25
6.2.3. Caracterización de las propiedades del suelo	25
6.2. Evaluación del aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica de transposición de suelo.....	27
6.2.1. Composición florística	27
6.2.2. Diversidad florística	30
6.2.3. Dinámica de la abundancia por tratamiento	31
6.2.4. Dinámica de la abundancia por especie.....	32
7. Discusión	33
7.1. Caracterización de la vegetación y propiedades del suelo en un área degradada por actividades agropecuarias	33
7.2. Aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica de transposición de suelos.....	35
8. Conclusiones	39
9. Recomendaciones	40
10. Bibliografía	41
11. Anexos	48

Índice de tablas

Tabla 1. Hoja de campo para evaluar la composición florística de la zona abandonada por actividades antrópicas de estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo.....	16
Tabla 2. Cálculo de la diversidad florística para la vegetación del área abandonada por actividades agropecuarias (Mendoza, 2013).	17
Tabla 3. Parámetros estructurales horizontales de la vegetación del área abandonada por actividades agropecuarias.....	18
Tabla 4. Propiedades físicas y químicas del suelo del área abandonada por actividades agropecuarias.....	19
Tabla 5. Hoja de campo para monitoreo de los diferentes tratamientos de transposición de suelo	22
Tabla 6. Composición florística del estrato arbóreo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC	23
Tabla 7. Composición florística del estrato arbustivo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC	23
Tabla 8. Composición florística del estrato herbáceo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC	24
Tabla 9. Parámetros de diversidad para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo presentes en un área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.....	24
Tabla 10. Propiedades físicas y químicas del suelo en áreas degradadas del PUFVC	26
Tabla 11. Propiedades del suelo identificadas en la calicata en el área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.	26
Tabla 12. Composición florística del testigo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC	27
Tabla 13. Composición florística del tratamiento 1 (sin sombra) en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.	27
Tabla 14. Composición florística del tratamiento 2 (bajo sombra) en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.	28

Tabla 15. Parámetros de diversidad florística de los tratamientos 1, 2 y el testigo en un área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.....	30
---	----

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la parcela donde se realizó las transposiciones del suelo en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.	15
Figura 2. Diseño de la parcela para la evaluación de arbustos y hierbas en el PUFVC	16
Figura 3. Calicata realizada en el área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.	18
Figura 4. Toma de muestra del suelo en área a) disturbada y b) no disturbada por actividades agropecuarias.	19
Figura 5. Diseño del ensayo para evaluar el aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica transposición de suelos.	20
Figura 6. Distribución de la toma de muestras de transposiciones de suelo del escenario de referencia	20
Figura 7. Distribución de los tratamientos en área degradada por actividades agropecuarias.	21
Figura 8. Rango abundancia de las especies en los estratos hierbas, arbustos y árboles en un área abandonada por actividades agropecuarias del PUFVC.	25
Figura 9. Índice de valor de importancia simplificado (IVI) de las 10 especies arbustivas con mayor valor en un área abandonada por actividades agropecuarias del PUFVC.	25
Figura 10. Similitud de la composición florística entre los tratamientos y el testigo mediante la técnica multivariada NMDS.	30
Figura 11. Prueba paramétrica para riqueza específica, la abundancia el índice de Shannon y Pielow	31
Figura 12. Abundancia de los tres tratamientos en los 6 meses de evaluación	32
Figura 13. Dinámica de las abundancias de 7 especies que se desarrollaron en las trasposiciones de suelo en el área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.	32

Índice de anexos:

Anexo 1. Diversidad por familia	48
Anexo 2. Diversidad por género	48
Anexo 3. Índice de valor de importancia simplificado para todas las especies arbustivas.....	49
Anexo 4. Registro de las actividades realizadas a) elaboración de las parcelas; b) caracterización del área de estudio; c) identificación de especies; d) división de la parcela; e) transposiciones de suelo f) monitoreo de las transposiciones de suelo; g) toma de muestras de suelo; h) elaboración de la calicata; i) análisis de suelo	50
Anexo 5. Especies identificadas en las transposiciones de suelo. a) Passiflora sp.; b) Solanum sp.; c) Rubus sp.; d) Palicourea amethystina; e) Siparuna muricata; f) Pappobolus sp.; g) Alnus sp.; h) Viola arguta; i) Phytolacca bogotensis; j) Spermacose sp.; k) Munnozia senecionidis; l) Verbesina pentantha; m) Blechnum occidentale; n) Smilax sp.; o) Phenax sp; p) Hedyosmum scabrum; q) Nectandra laurel; r) Conyza sp.; s) Bidens sp.; t) Colignonia scandens.	51
Anexo 6. Certificado de traducción del resumen del Trabajo de Integración Curricular.....	52

1. Título

Transposición de suelos en la recuperación inicial de la vegetación en un área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro

2. Resumen

El cambio de uso del suelo produce la transformación de la cobertura vegetal, generando destrucción y degradación de los bosques, hasta obtener áreas con fines agropecuarios. La presente investigación tuvo como objetivo contribuir a la recuperación inicial de la vegetación en un área abandonada por actividades agropecuarias a través de la técnica de transposición de suelos en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro. Se seleccionó un área de la parte alta (matorral-páramo) al sur del parque. En el estudio se establecieron siete parcelas temporales de 25 m² y transectos lineales para obtener información de la composición florística; además, se realizó una calicata y un análisis del suelo. Posteriormente, para evaluar el aporte de las transposiciones de suelos en composición y diversidad florística se estableció una parcela temporal de 100 m², donde se colocaron 10 transposiciones de suelo de 1 × 1 × 0,05 m obtenidas del bosque en buen estado de conservación. En dicha área se probaron dos tratamientos: T1 correspondió a transposición de suelo y T2 con transposición de suelo bajo sombra (80 %), además de un testigo (remoción in situ del suelo). Para los tres casos se probaron cinco repeticiones distribuidas aleatoriamente. Los resultados indicaron que el área abandonada por actividades agropecuarias presentó en su composición y diversidad florística ocho especies de árboles, 24 de arbustos y 13 de hierbas. En el caso del aporte de las transposiciones de suelo en la recuperación de la composición y diversidad florística, la evaluación por un tiempo de seis meses permitió registrar un total de 82 especies en 32 familias botánicas. El testigo aportó con 11 especies en su mayoría pastos. En el T1 se registraron 28 especies con mayor número de árboles y arbustos como *Tibouchina laxa*, *Lepechinia* sp, *Palicourea amethystina*, *Solanum* sp, entre otras. En el T2 se registraron 43 especies destacando *Palicourea amethystina*, *Colignonia scandens*, *Alnus* sp, *Hedyosmum scabrum*, *Baccharis* sp. *Nectandra laurel*, *Siparuna muricata*, entre otras. El análisis de suelo determinó que el área es adecuada para restauración por su alta capacidad de intercambio catiónico y elevada materia orgánica. Las transposiciones de suelo resultaron ser efectivas para acelerar los procesos de recuperación de la diversidad florística, destacándose el T2 con mayor aporte en abundancia y riqueza específica, debido a las mejores condiciones de sombra para las especies en sus etapas iniciales de desarrollo, creando así núcleos de vegetación que posteriormente ayudan a la recuperación de ecosistemas degradados por actividades agropecuarias.

Palabras clave: composición florística, diversidad florística, restauración activa, sucesión ecológica, transposición de suelos.

2.1 Abstract

The change in land use produces the transformation of the vegetation cover, generating destruction and degradation of forests, until areas for agricultural and livestock purposes are obtained. This research aimed to contribute to the initial recovery of vegetation in an area abandoned by agricultural activities through soil transposition in the Francisco Vivar Castro University Park. We selected an upland area (scrub moor) south of the park. Seven temporary plots of 25 m² and linear transects were established in the study to obtain information on the floristic composition; in addition, a soil test and soil analysis were carried out. Subsequently, to evaluate the contribution of soil transpositions on floristic composition and diversity, a temporary plot of 100 m² was established, where 10 soil transpositions of 1 × 1 × 0.05 m obtained from the well-preserved forest were placed. We tested two treatments in this area: T1 corresponded to soil transposition and T2 with soil transposition under shade (80 %), plus a control (in situ soil removal). For the three cases, five randomly distributed replicates were tested. The results indicated that the area abandoned by agricultural activities had eight trees, 24 shrubs, and 13 herb species in its floristic composition and diversity. The contribution of soil transpositions in the recovery of floristic composition and diversity was evaluated for six months allowing a total of 82 species in 32 botanical families to be recorded. The control had 11 species, most of which were grasses. In T1, 28 species were recorded, with most trees and shrubs such as *Tibouchina laxa*, *Lepechinia* sp, *Palicourea amethystine*, and *Solanum* sp, among others. In T2, 43 species were recorded, including *Palicourea amethystina*, *Colignonia scandens*, *Alnus* sp, *Hedyosmum scabrum*, and *Baccharis* sp. *Nectandra laurel*, *Siparuna muricata*, among others. Soil analysis determined that the area is suitable for restoration due to its high cation exchange capacity and high organic matter. Soil transpositions proved to be effective in accelerating the recovery processes of floristic diversity, with T2 being the most abundant and richest, due to the better shade conditions for species in their initial stages of development, thus creating nuclei of vegetation that subsequently help the recovery of ecosystems degraded by agricultural activities.

Keywords: floristic composition, floristic diversity, active restoration, ecological succession, soil transposition.

3. Introducción

Los cambios de uso del suelo entendido como el proceso de transformación de la cubierta vegetal, para dar paso a otro tipo de uso ya sea, con fines agropecuarios, asentamientos humanos, entre otros (García et al., 2012), dan lugar a la pérdida de ecosistemas, a la degradación de la tierra, erosión del suelo, y a la liberación de carbono a la atmósfera (FAO, 2018). Es así que, entre los años 2000 y 2010 se produjo una pérdida neta de bosques equivalente a 7 millones de hectáreas y un aumento de tierras agrícolas de 6 millones de hectáreas anuales en los países tropicales (FAO, 2016).

En Ecuador, entre 1990 a 2008 se perdieron 19 000 km² de bosque, de los cuales el 99,4 % del área deforestada, fue transformada en áreas agropecuarias (Sierra, 2013), entre los años 2014 a 2017 se han perdido aproximadamente 65 880 hectáreas anuales de bosque natural (MAE, 2019). Por ello, se han implementado actividades de restauración forestal en áreas que se encontraban degradadas, con el propósito de encontrar una solución a las dificultades derivadas de la degradación forestal aplicando técnicas de restauración activa y pasiva (MAE, 2019).

La degradación forestal es ocasionada por factores naturales y antrópicos (Aguirre y Torres, 2014), siendo la principal causa las actividades antrópicas tales como: la extracción selectiva de madera, actividades agropecuarias, prácticas inadecuadas, incendios forestales, entre otros (Thompson et al., 2013). Las actividades agropecuarias promueven la búsqueda de áreas para agricultura y ganadería, sin embargo, posteriormente son abandonadas, por tanto, propicias para la restauración.

La restauración de ecosistemas es de suma importancia para las personas y sobre todo el ambiente, esta implica recuperar ecosistemas degradados, mejorando la calidad de los servicios ecosistémicos y conservar la biodiversidad, aplicando diferentes técnicas o herramientas con el fin de restituir la estructura, la diversidad de especies y la productividad (Vanegas, 2016). Así, a medida que pasan los años, las funciones y los procesos ecológicos del ecosistema llegaran a coincidir con las del ecosistema de referencia, soportando requerimientos socioeconómicos de manera sostenible (Hobbs, 2007; Meli et al., 2017).

Entre los principales desafíos que se encuentran en áreas degradadas es la recuperación de la cobertura vegetal, esta a su vez genera condiciones adecuadas para el crecimiento de nuevas especies; por esto, trabajar con restauración demanda esfuerzo y dedicación, debido a que algunas especies del ecosistema original requieren una restauración activa (Higgs et al., 2014).

Con la restauración activa se adquiere beneficios ecológicos, sociales y económicos (Sabogal, 2015) debido a que otorga información importante sobre cómo la transposición de suelos contribuye a la recuperación de ecosistemas degradados tanto en composición, estructura y diversidad florística (Tres y Reis, 2007).

Las técnicas de restauración activa constituyen un conjunto de actividades planificadas e intencionales que aceleran los procesos de recuperación de áreas degradadas o alteradas por actividades antrópicas (Sanchún et al., 2016). Entre las técnicas se tiene la transposición de suelos, grupos de Anderson, perchas artificiales, madrigueras y banco de semillas (Reis et al., 2010); de los cuales la transposición de suelos con un enfoque de nucleación contribuye a la recuperación inicial de la vegetación y el suelo en ecosistemas abandonados por actividades agropecuarias, que posteriormente se convertirán en pequeños hábitats que alberguen vida vegetal y animal, lo que permite la conexión entre parches boscosos (Tres y Reis, 2007).

En este contexto, la presente investigación busca responder la pregunta de investigación de ¿Cómo contribuye la transposición de suelos a la recuperación inicial de la vegetación en áreas abandonadas por actividades agropecuarias?, donde prevalecen especies arvenses (Aguirre et al., 2019) que retardan los procesos de sucesión natural y por ende su recuperación.

Los objetivos planteados en la presente investigación fueron:

Objetivo general

Contribuir a la recuperación inicial de la vegetación en un área abandonada por actividades agropecuarias a través de la técnica de transposición de suelos en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Objetivos específicos

- Caracterizar la vegetación y propiedades del suelo en un área degradada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.
- Evaluar el aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica de transposición de suelo en áreas abandonadas por actividades agropecuarias en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

4. Marco teórico

4.1. Restauración de ecosistemas

4.1.1. Concepto de restauración

La restauración ecológica es un campo que aún se encuentra en constante construcción, no obstante, se considera como una herramienta esencial de manejo, que requiere de conocimientos como la erosión, la desertificación, la sucesión, la dinámica de las comunidades, el flujo de energía, componentes sociales y económicos a los disturbios ambientales, la restauración requiere de un enfoque multidisciplinario que permita diseñar estrategias a largo plazo para lograr la restauración de los ecosistemas (Pérez, 2005).

La Sociedad de Restauración Ecológica determinó a la restauración como el proceso de transformar intencionalmente un sitio para establecer un ecosistema definido, indígena e histórico (Clewel et al., 2004).

Desde la perspectiva más simple, se entiende por restauración ecológica al lograr el retorno de un ecosistema al estado original, después de haber sufrido perturbaciones, aunque un ecosistema sea complejo en su integración entre sus componentes tanto bióticos como abióticos (Maass, 2003). Esto a su vez nos da a conocer que la restauración ecológica no es el simple hecho de plantar especies en un área, sino que por el contrario es un proceso de emulación de estudios de sucesión (Sánchez, 2005).

Para Clewel et al. (2004), la restauración ecológica es el proceso mediante el cual se ayuda a un ecosistema que ha sido degradado a recuperarse.

Por otra parte, se define a la restauración como un conjunto de técnicas que recuperan las condiciones de los servicios y bienes ambientales. La restauración ecológica tiene la finalidad de recuperar ecosistemas degradados y evitar el continuo deterioro de los ecosistemas (Peña et al., 2005).

La restauración ecológica se define como el “proceso de asistir al restablecimiento de un ecosistema que se encuentra degradado en cuanto a su composición y estructura” (Peña et al., 2005).

El objetivo de este proceso es estimular la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema, restaurando los componentes de un ecosistema, buscando intentar regenerar el ecosistema que existía antes de que este desapareciera como consecuencia de perturbaciones, estas pueden ser naturales o provocadas por actividades humanas, una de las propiedades importante de los ecosistemas es su resiliencia, que se define como la capacidad de regenerarse luego de una perturbación, sin embargo existen perturbaciones que modifican completamente

el ecosistema, en estos casos cuando el ecosistema no puede recuperarse por sí solo se presenta la necesidad de la restauración (Pérez, 2005).

4.1.2. Principios de la restauración de ecosistemas

Las diferentes disciplinas involucradas en la resolución de problemas de restauración de ecosistemas, se guían por principios ecológicos fundamentales para determinar cuáles son aquellas estrategias más compatibles con la recuperación de las características y la funcionalidad de un ecosistema, como la composición de especies, la estructura, funcionalidad y autosuficiencia a diferentes niveles de organización (Márquez, 2005).

Cuando se desarrolla un proyecto de restauración es de suma importancia que se tome en cuenta que cualquier área degradada no se encuentra aislada del resto del paisaje, esta es influenciada por zonas adyacentes que, a su vez, pueden verse afectadas, los efectos sobre las comunidades vegetales pueden darse por escurrimientos, pendientes, insolación, clima, retención y arrastre de nutrientes y sedimentos, que influyen tanto en áreas conservadas como en áreas degradadas (Márquez, 2005).

El Decenio de la ONU establece 10 principios para la restauración ecológica de los ecosistemas que son:

- **Principio 1:** La restauración ecológica aporta significativamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a los de la convención de Río Brasil.
- **Principio 2:** Promueve una gobernanza inclusiva y participativa, igualdad social y equidad.
- **Principio 3:** Incluye una continuidad de las actividades de restauración.
- **Principio 4:** Su finalidad es lograr el mayor nivel de recuperación de la biodiversidad, bienestar humano y salud ecosistémica.
- **Principio 5:** Se enfoca tanto en las causas directas como indirectas que provocan la degradación de los ecosistemas.
- **Principio 6:** Reúne los diferentes tipos de conocimientos, además impulsa su intercambio.
- **Principio 7:** La restauración se basa en metas y objetivos ecológicos, culturales y socioeconómicos que se encuentran bien definidos.
- **Principio 8:** Se amolda a los diferentes contextos ecológicos, culturales y socioeconómicos del lugar, sin dejar de lado el paisaje tanto terrestre como el marino.
- **Principio 9:** Incluye el seguimiento, la evaluación y la gestión adaptativa a lo largo del proyecto.

- **Principio 10:** La restauración se ve agilizada por políticas que ayudan a impulsar el progreso a largo plazo, promoviendo su reproducción y ampliación.

4.1.3. Estrategias de la restauración

Los ecosistemas se están perdiendo debido a la fuerte presión, por los cambios en el uso del suelo, que poco a poco se van transformando en cultivos agrícolas y ocupación ganadera. Los diferentes usos que se le da a la tierra para producir bienes y servicios representan una gran alteración antrópica sobre los ecosistemas, es por ello que se han desarrollado estrategias de restauración (Brovkin et al., 2006).

Dentro de las estrategias de restauración se distinguen dos las cuales se describen a continuación:

a) Restauración activa:

La estrategia de restauración activa es una actividad intencional que rompe o interrumpe los procesos de la degradación, eliminando todas las barreras tanto bióticas como abióticas que están impidiendo la recuperación natural de un ecosistema, de esta forma acelera los procesos de la sucesión ecológica en periodos más cortos y con resultados significativos. La restauración activa está asociada a la recuperación, rehabilitación y restauración. Esta estrategia implica la intervención humana, buscando incrementar la diversidad florística, a través de la incorporación de nuevas especies en áreas degradadas (Sanchún et al., 2016).

b) Restauración pasiva:

La restauración pasiva se basa principalmente en la regeneración natural, la resiliencia de un bosque, esta depende del estado en el que se encuentren los mecanismos de regeneración natural, en la restauración pasiva si existe la intervención humana, pero en muy baja escala, la cual solo consiste en eliminar las barreras que están impidiendo la restauración para posteriormente dejar que el ecosistema se recupere solo, el tiempo de la restauración pasiva es relativamente largo (Viapiana et al., 2019).

4.1.4. Sucesión ecológica en la restauración

Se conoce a la sucesión es un proceso dinámico el cual se estudia con enfoques descriptivos, teóricos y experimentales (Sabattini y Sabattini, 2018; Martínez y García, 2007).

La sucesión ecológica al igual que la restauración pasiva se basa en la regeneración natural, que depende de diferentes factores como lo son el estado del banco de semillas en el suelo, el grado de conectividad de los paisajes, la lluvia de semillas, el área de la zona alterada y los dispersores de semillas. Dentro de la restauración la sucesión ecológica ayuda a identificar los cambios temporales en la estructura, la composición taxonómica y las funciones de un ecosistema luego de sufrir perturbaciones, por ello la sucesión ecológica es la base ecológica

que determina que estrategia de restauración se usara, si la sucesión se detiene es necesario intervenir con restauración activa (Martínez y García, 2007).

4.2. Técnicas de restauración de ecosistemas

Las técnicas de restauración de ecosistemas son actividades que se realizan con el fin de pasar de una restauración pasiva a una restauración activa, acelerando el proceso de recuperación de un ecosistema degradado (Sanchún et al., 2016).

4.2.1. Perchas artificiales

Las perchas artificiales son estructuras comúnmente de madera que pueden influenciar la dispersión de semillas y así favorecer la sucesión. Algunos autores han propuesto las perchas artificiales como un mecanismo que aumente la llegada de aves dispersoras de semillas en espacios abiertos y así enriquecer el banco de semillas que se encuentra en el suelo, estas estructuras pueden actuar con mayor eficacia si están cerca al borde de bosque, ya que algunos gremios de aves las utilizan durante el forrajeo, el descanso y el tránsito entre fragmentos (Villate y Cortés, 2018).

4.2.2. Siembra directa de semillas

Esta técnica se basa principalmente en la inmersión de semillas directamente en el sitio que va a ser restaurado, generalmente son semillas de especies arbóreas, se colocan en núcleos para permitir la regeneración asistida, es recomendable en sitios donde hay escasa lluvia de semillas, ausencia de dispersores, suelos disturbados. Es recomendable que las semillas que se implementen presenten un buen porcentaje de germinación, sean colectadas en lugares aledaños, adaptables a condiciones de sequía, suelos bajos en nutrientes, sobre todo deben ser especies beneficiosas para la fauna local (Sanchún et al., 2016).

4.2.3. Plantaciones en bloque

En restauración activa se utiliza la plantación de árboles con la finalidad de restaurar paisajes amplios. Las plantaciones en bloque implican que se plante numerosos y densos núcleos de vegetación leñosa que pueden ser nativas, lo que ayuda al incremento de la biodiversidad en la zona degradada, a su vez proporcionan servicios ecosistémicos, forman núcleos de vegetación acelerando el desarrollo de los matorrales y bosques que han sufrido cambios en su estructura por actividades antrópicas (Benayas, 2008).

4.2.4. Grupos de Anderson

Son plantaciones de especies arbóreas creando núcleos de regeneración que atraerán la fauna hacia el área degradada. Los diferentes núcleos que se forman pueden ser compuestos tanto por elementos bióticos como abióticos los cuales aceleran la formación de nuevos nichos de regeneración y colonización de poblaciones (Ceccon, 2013).

Los Grupos de Anderson radican en la formación de microhábitats, los cuales se convierten en los lugares adecuados para la llegada de especies animales y vegetales, aumentando la posibilidad de las interacciones interespecíficas. La técnica considera que las aves y murciélagos emplean árboles aislados en pastizales para descanso, protección, para residencia, alimentación o letrinas (Ceccon, 2013).

Además, con la técnica se aplica árboles los que crean una lluvia de semillas que generan nuevos bancos de semillas, posteriormente se forma un núcleo de regeneración de alta diversidad, esta técnica funciona como un mecanismo de retroalimentación, en el que existe un donador y un receptor (Ceccon, 2013).

4.2.5. Transposición de suelos

La transposición de suelos representa una excelente estrategia con la que se puede añadir vida vegetal y animal como, banco de semillas, propágulos, microorganismos, hongos, bacterias, lombrices de tierra, entre otras. De esta forma, genera la formación de pequeños nichos de regeneración y colonización, una gran ventaja de esta técnica es la heterogeneidad del material genético que se introduce, es importante que todos los fragmentos vecinos a el área degradada estén representados en las muestras de suelo. Estos núcleos de suelo pasan a actuar como pequeñas áreas de hábitat, los cuales desempeñan la función de conectar áreas fuentes de propágulos a las áreas en restauración, las áreas restauradas tendrán las condiciones de cambiar el paisaje regional, una vez que los núcleos formados tenderán a cambiar el material genético con las áreas vecinas (Tres y Reis, 2007).

De tal manera, que los flujos de conectividad actúan en las dos direcciones, la presente técnica busca fortalecer la conectividad de los paisajes cuando se propone la introducción de núcleos de suelo como los primeros abrigos de la fauna (Tres y Reis, 2007).

La transposición de suelo es aplicada como un instrumento de disminución de tiempo de recomposición y restablecimiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del área degradada, la transposición de suelos es una técnica asociada a la restauración activa que consiste en restaurar el suelo de un ecosistema degradado a través de la transposición de la capa superficial del horizonte orgánico del suelo y llevarla hasta el sitio a restaurar, su objetivo es restablecer proporciones del suelo degradado y favorecer el desarrollo de regeneración natural del escenario de referencia (Tres y Reis, 2007).

La técnica de transposición de suelos tiene por objetivo recuperar porciones de suelo, debido a que este es un componente importante en los ecosistemas a regenerar. Esta técnica consiste en obtener la capa superficial del suelo, el horizonte orgánico compuesto por hojarasca, materia en descomposición, microorganismos y banco de semillas (Sanchún et al., 2016).

4.3. Degradación de ecosistemas por actividades agropecuarias

4.3.1. Concepto de degradación

La degradación del suelo se define como un proceso en el que se disminuye la capacidad y el potencial para producir bienes y servicios ecosistémicos, el proceso de degradación se clasifica en función de su naturaleza y el tipo de consecuencias que este conlleva (García et al., 2012).

La degradación forestal muestra no solo las diferencias biofísicas entre ecosistemas forestales, además muestra distintas percepciones, objetivos y valores acerca del bosque y de los componentes más afectados (Hobbs, 2016). La degradación forestal se considera como la pérdida de un atributo, función o servicio del bosque, como consecuencia de alteraciones que principalmente antrópicas, además se dan cambios en la estructura y la dinámica del bosque (Norris, 2012).

4.3.2. Causas de la degradación

La degradación de los ecosistemas terrestres es un proceso que se da debido a diferentes causas principalmente antrópicas, como actividades agropecuarias, tala ilegal, quemas e incendios forestales, crecimiento de la frontera agrícola, ganadería, presión debido al crecimiento demográfico, los que generan transformaciones persistentes de largo plazo, los impactos regionales se expresan en la deforestación, la perturbación, la fragmentación de las cubiertas del suelo, los cambios de uso del suelo y en la pérdida de reservorios de carbono fundamentales para regular las condiciones del clima (Hernández et al., 2011).

La agrarización de las tierras forestales, las políticas de fomento a las actividades agropecuarias, la marginación social y la pobreza de la mayor parte de los poseedores del bosque, el agua y la tierra, cuyas prácticas de aprovechamiento ayudan al deterioro de los recursos naturales y de sus condiciones de vida (Hernández et al., 2011).

La degradación también se produce por causas naturales como fuertes precipitaciones, pendientes, vientos, entre otros (Hernández et al., 2011).

4.3.3. Impacto de actividades agropecuarias

Los impactos ambientales debido a las actividades agropecuarias son muy numerosos, entre los que podemos destacar la contaminación ambiental debido al uso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas químicos, además debido al crecimiento de la frontera agrícola se manifiesta la degradación del suelo, pérdida de materia orgánica y nutrientes, pérdida de la biodiversidad, erosión, deforestación, incendios forestales, entre otros, es por ello que el impacto de actividades agropecuarias al ecosistema puede resultar muy dañino si no se realiza de forma sustentable y equilibrado (Oosterheld, 2008).

4.4. Experiencias de restauración de ecosistemas

4.4.1. Caracterización de ecosistemas

La caracterización de ecosistemas dentro de la restauración consiste en una etapa que describe las condiciones y atributos de un ecosistema (Paruelo, 2008), es indispensable conocer las condiciones del área degradada para iniciar con la restauración. Esta actividad consiste en una descripción de la estructura de la vegetación, y en el caso del estrato arbóreo debería basarse en índices cuantitativos que van a permitir analizar las influencias antropogénicas o los procesos de sucesión natural que se dan en los diferentes ecosistemas (Calderón, 2002).

La caracterización de un ecosistema tiene la finalidad de conocer el estado actual de un área tanto en las especies presentes y representativas de la zona de estudio y de las condiciones físicas como el clima, suelo, agua y topografía (Calderón, 2002).

4.4.2. Estudios sobre prácticas de restauración activa

Los estudios sobre restauración de ecosistemas son muy diversos, por ejemplo, Sierra et al. (2021) investigaron las estrategias de restauración activa en áreas de potrero del Corredor Biológico Rincón- Cacao, Costa Rica, donde presentan resultados de dos estrategias de restauración activa y pasiva en un tiempo de 20 años. Entre los principales resultados destaca que las estrategias de restauración activa resultaron más efectivas para acelerar el restablecimiento de la estructura en bosques secundarios.

Otro estudio sobre restauración de ecosistemas por Duarte (2018), denominado “Evaluación de diferentes tratamientos de nucleación como estrategias de restauración ecológica, en su etapa inicial, en áreas de bosque alto andino invadidas por *Pteridium aquilinum* (L.) Khun”, buscó evaluar la respuesta de la vegetación a la implementación de técnicas de nucleación como estrategia de restauración ecológica. Se realizó caracterización florística del área, y se implementaron diferentes tratamientos de nucleación. En el estudio se obtuvo que la estrategia de restauración activa implementada resultó efectiva sobre la diversidad y riqueza de la vegetación. Por lo que, es de suma importancia seguir con el seguimiento y monitoreo de este tipo de prácticas.

4.4.3. Estudios relacionados con actividades restaurativas en el PUFVC

En el Parque Universitario Francisco Vivar Castro “PUFVC” se han realizado diferentes estudios relacionados con actividades de restauración, entre las que destacan la evaluación del potencial de regeneración a través de los bancos de semillas del bosque montano (Muñoz et al., 2021). Esta investigación tuvo como objetivo conocer la composición florística del banco de semillas del suelo del bosque montano del PUFVCV, para lo cual se recolectaron 30 muestras de suelo mineral y 30 de la capa orgánica. En la capa orgánica se registraron 519 individuos de 33

especies. En la capa mineral se registraron 395 individuos de 24 especies. La germinación presentó un comportamiento heterogéneo (Muñoz et al., 2021).

Caracterización poblacional de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon y su vegetación asociada al páramo antrópico del sur del Ecuador, la investigación tuvo como objetivo caracterizar el estado de *P. arachnoideum* y su vegetación asociada en veinte parcelas de 5 x 5 m, mediante la identificación de individuos mayores de 5 cm de altura, presentando resultados con gran abundancia de esta especie, siendo una especie abundante y dominante en el páramo antrópico después de sufrir cambios debido a las actividades antrópicas como los incendios forestales (Tillaguango et al., 2023).

Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Viar Castro”, Loja, Ecuador, la investigación tuvo como objetivo evaluar los impactos ecológicos, producidos en la flora del páramo antrópico del parque universitario Francisco Vivar Castro, a causa de un incendio forestal en la ciudad de Loja, los principales resultados que obtuvieron fueron que el estrato arbóreo y arbustivo sufrieron el 75 % de afectación en su estructura, mientras que el herbáceo presentó el 25 % de afectación, la especie *Pteridium arachnoideum* presentó la mayor cobertura aprovechando las condiciones generadas por el incendio forestal, este ecosistema necesitó 12 meses para absorber los impactos ambientales identificados (Sarango et al., 2019).

La identificación de tipos funcionales de plantas en el bosque andino para usos con fines de restauración, ha sido otro estudio realizado en el PUFVC, con la finalidad de generar información sobre los tipos funcionales de las plantas que se encuentran en la zona mejor conservada, basándose en la descripción de rasgos funcionales. Las especies con mayor abundancia fueron *Palicourea amethystina*, *Phenax laevigatus* y *Hedyosmun scabrum*. En la investigación se evidenció que a través de rasgos se logra analizar y entender las relaciones funcionales y ecológicas que se dan dentro de la comunidad vegetal (Muñoz et al., 2022).

El monitoreo del crecimiento de ensayos de restauración del matorral andino ha tenido como finalidad el dar seguimiento a dos ensayos de restauración con tres especies *Cedrela montana*, *Lafoensia acuminata* y *Jacaranda mimosifolia*, las cuales fueron sembradas en bloques mixtos y plantación pura, que se establecen en el año 2016 en matorral andino severamente afectado por incendios forestales. En el estudio se evaluó la altura, diámetro basal, mortalidad, sobrevivencia y vegetación asociada. La principal sugerencia es que *Lafoensia acuminata* es una especie potencial para la restauración activa en matorral andino afectado por incendios forestales en el Sur del Ecuador (González et al., 2022).

Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador, en la investigación se realizó un experimento de plantación con tres especies forestales en el matorral andino del sur del Ecuador, donde los principales resultados que obtuvieron fueron que existen diferencias de sobrevivencia y crecimiento entre áreas, debido a las especies que se utilizaron y a los factores biofísicos de los sitios (Aguirre et al., 2019).

La restauración pasiva también ha sido motivo de estudio en especial la composición y diversidad florística del matorral andino después de cinco años de haber sido afectado por incendios forestales. La investigación tuvo como objetivo caracterizar la composición y diversidad del matorral andino afectado por incendios forestales, y el estudio de su regeneración. En el estudio se midieron todos los arbustos mayores a 1,50 cm de alto y árboles mayores a 5 cm de DAP, en 5 parcelas permanentes. La composición y diversidad del matorral fue de 27 especies, 24 géneros y 16 familias. La diversidad fue media, presentó cuatro especies endémicas. El matorral andino se encuentra en un proceso de sucesión natural con una adecuada regeneración natural (Muñoz et al., 2022).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro (PUFVC), específicamente en un área que fue utilizada para actividades agropecuarias de bajo impacto. El PUFVC geográficamente está en las coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223N, 700 970 – 9 553 139S – 701 309 – 9 553 171E, 699 961 – 9 554 049W, en la parroquia San Sebastián, cantón y provincia de Loja (Figura 1), posee una extensión de 99,13 hectáreas, en un rango altitudinal entre 2 130 a 2 520 m s.n.m, con una precipitación anual de 955 mm, temperatura media anual de 16,6 °C, evaporación media de 111, 33 mm (Aguirre et al., 2022).

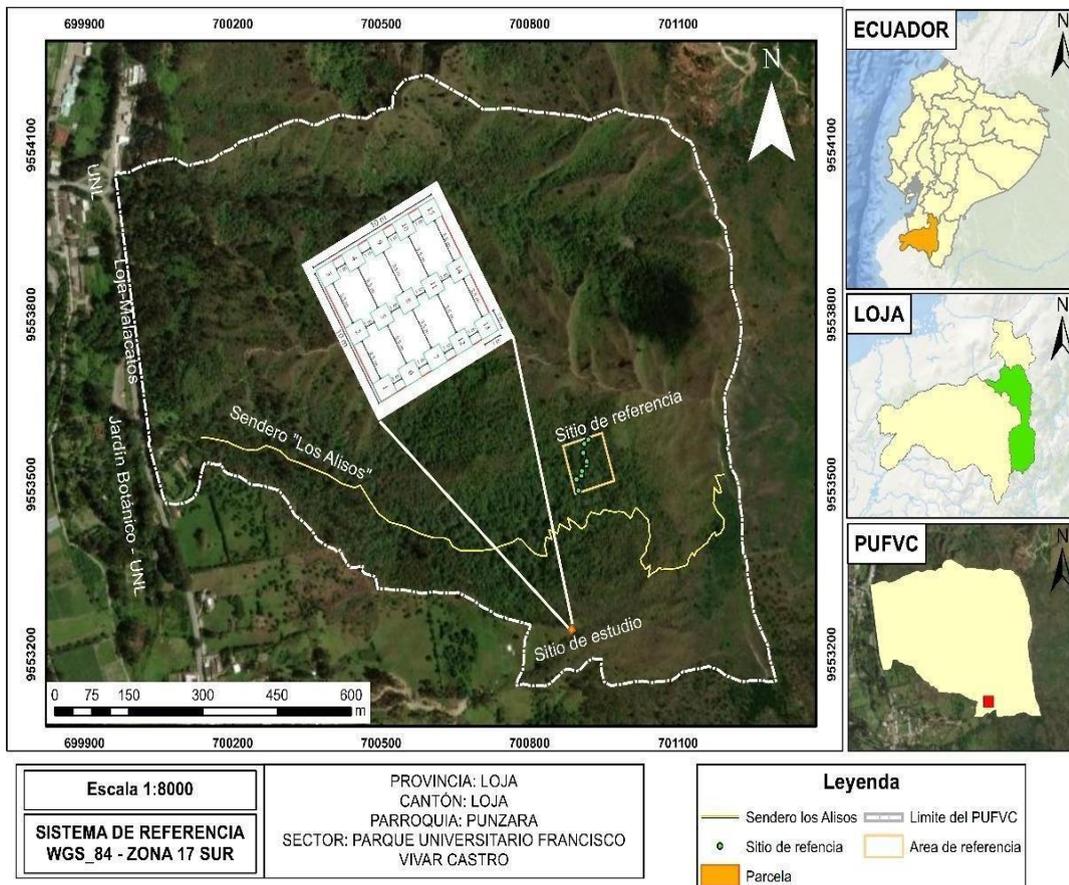


Figura 1. Ubicación de la parcela donde se realizó las transposiciones del suelo en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

El sitio de estudio se encuentra ubicado en la parte alta del Sur del PUFVC, en donde se presenta el área abandonada por actividades agropecuarias, comprende dos tipos de cobertura vegetal (páramo antrópico y matorral andino) y un área aproximada de 4 hectáreas, el problema radica en que los colindantes ingresaban al área a realizar actividades agropecuarias de bajo impacto y principalmente pastoreo de ganado. Sin embargo, esta área fue cercada en el año 2021 por el técnico del PUFVC, para evitar la invasión por parte de los colindantes y animales.

Otro problema que presento el área fue un incendio forestal en el año 2015 que afectó directamente a la zona de estudio.

5.2. Metodología para caracterizar la vegetación y propiedades del suelo en un área abandonada por actividades agropecuarias

5.2.1. Caracterización de la vegetación

Para el estudio de la vegetación del área abandonada por actividades agropecuarias se estableció de manera aleatoria siete parcelas temporales de 5×5 m en toda el área de estudio (Figura 2), distribuidas aleatoriamente, donde se identificó arbustos; y, en parcelas anidadas de 1×1 m se midieron todas las hierbas (Aguirre, 2013).

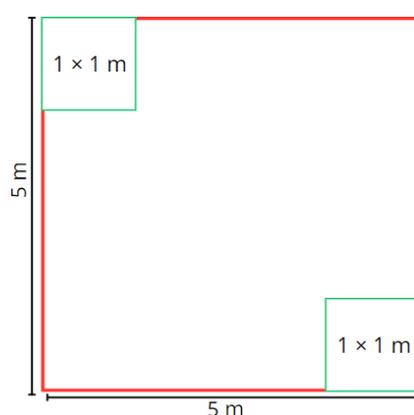


Figura 2. Diseño de la parcela para la evaluación de arbustos y hierbas en el PUFVC.

En el caso de árboles, se evidenció la presencia de individuos dispersos, por lo que se procedió a realizar recorridos por toda el área para su identificación y conteo de abundancia respectiva.

5.2.2. Medición de variables

Las variables que se midieron en campo a nivel de especies fueron nombre común, nombre científico y el número de individuos por cada especie, utilizando la hoja de campo para árboles, arbustos y hierbas (Tabla 1), para las especies que no se logró identificar en campo se recolectó una muestra botánica que posteriormente se llevó al Herbario Reinaldo Espinosa para su identificación.

Tabla 1. Hoja de campo para evaluar la composición florística de la zona abandonada por actividades antrópicas de estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Coordenadas UTM:						
Parcela N°:		Subparcela:				
Fecha:		Altitud:				
Pendiente (%):						
N°	Hábito de crecimiento	Nombre común	Nombre científico	N° de individuos	Porcentaje de cobertura (%)	Observación
1						
...						

5.2.3. Variables calculadas

Con la información obtenida en campo se calculó las variables correspondientes a los parámetros estructurales de la vegetación y diversidad.

a) Composición florística

Se registró las especies con sus respectivas familias y abundancias, separadas por hábito de crecimiento.

b) Diversidad florística

La diversidad florística se determinó a través de la riqueza de especies, familias y géneros, además se calculó la diversidad relativa a nivel de familia, género, el índice de Shannon y Pielow (Tabla 2).

Tabla 2. Cálculo de la diversidad florística para la vegetación del área abandonada por actividades agropecuarias (Mendoza, 2013).

Variable	Fórmula	Significado	Interpretación
Riqueza de especies, familias y géneros	Número	Se refiere al número de especies familias y géneros	A mayor número de especies, familias y géneros mayor diversidad
Diversidad relativa de familias	$Drf = \frac{N^{\circ} EF}{N^{\circ} TE}$	Drf= Diversidad relativa de familia N° EF= Número de especies dentro de una familia N° TE= Número total de especies	0 - 33% = Baja diversidad 34 - 66% = Mediana diversidad ≥ a 66% = alta diversidad
Diversidad relativa de géneros	$Dr g = \frac{N^{\circ} EG}{N^{\circ} TE}$	Drf= Diversidad relativa de género N° EF= Número de especies dentro de un género N° TE= Número total de especies	0 - 33% = Baja diversidad 34 - 66% = Mediana diversidad ≥ a 66% = alta diversidad
Índice de Shannon-Weaver	$H = \sum_{i=1}^s (Pi)(\log_n Pi)$	H: Índice de Shannon- Weaver S: Número de especies Pi: Proporción de la muestra que corresponde a la especie i \log_n : Logaritmo natural	0 - 1,35 Diversidad baja 1,36 - 3,5 Diversidad media ≥ a 3,5 Diversidad alta
Índice de Pielow	$J' = \frac{H'}{\ln S}$	H: Índice de Shannon-Weaver LnS: Diversidad máxima, logaritmo natural de la riqueza específica	0 - 0,33 = Baja diversidad, Heterogéneo 0,34 - 0,66 = Mediana diversidad ≥ a 0,67 = alta diversidad, Homogéneo

c) Parámetros estructurales horizontales de la vegetación

Los parámetros estructurales horizontales de la vegetación calculados se presentan en la Tabla 3 (Aguirre y Aguirre, 1999).

Tabla 3. Parámetros estructurales horizontales de la vegetación del área abandonada por actividades agropecuarias.

Parámetros	Fórmula	Significado
Densidad absoluta (ind/ha)	$D = \left(\frac{Nro. ind}{A} \right)$	D= Densidad Nro. ind= Número de individuos de una especie. A= Área muestreada
Densidad relativa (%)	$DR\% = \left(\frac{Nro. ind}{Nro. total ind} \right) \times 100$	DR%= Densidad relativa en porcentaje Nro. ind= Número de individuos de una especie. Nro. total ind= Número total de individuos de todas las especies.
Frecuencia relativa (%)	$FR\% = \left(\frac{Fa}{\sum f_a} \right) \times 100$	FR= Frecuencia relativa en porcentaje Fa= frecuencia absoluta o número de parcelas en las que se inventaría las especies $\sum f_a$ = Sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies inventariadas
Índice de importancia ecológico simplificado (%)	$IVI = \left(\frac{DR + FR}{2} \right)$	IVI= Índice de valor de importancia simplificado DR= Densidad relativa de la especie FR= Frecuencia relativa de la especie.

5.2.4. Caracterización de las propiedades físicas y químicas del suelo

La caracterización del suelo se realizó por medio de análisis de muestras de suelo y descripción de una calicata (Figura 3). En el caso de la calicata, esta fue de 1 × 1 × 1,20 m de profundidad donde se identificó los perfiles horizontales y se midió las variables color y ancho de cada horizonte, además se evaluó la presencia de rocas y de raíces, todo esto de acuerdo a la metodología de la FAO (2013).



Figura 3. Calicata realizada en el área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Para el análisis del suelo, se consideró la medición de las propiedades físicas y químicas, para ello se recolectó una muestra disturbada (Figura 4a) y una no disturbada (Figura 4b) del área degradada, las diferentes muestras de suelo se tomaron en forma de zigzag en toda el área (AGROCALIDAD, 2018).



Figura 4. Toma de muestra del suelo en área a) disturbada y b) no disturbada por actividades agropecuarias.

Las variables determinadas tanto físicas y químicas del suelo fueron: textura, color, densidad aparente, pH, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (Tabla 4), siguiendo la metodología establecida en la Guía del Laboratorio de análisis físico-químico de suelos, aguas y bromatología (LASAB) de la Universidad Nacional de Loja, denominada “Metodologías de análisis físico químico de suelos, aguas y foliares” (2013), por el Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias (INIAP).

Tabla 4. Propiedades físicas y químicas del suelo del área abandonada por actividades agropecuarias.

Propiedades	Variables	Método de medición
Físicas	Color	Colorímetro/ Tabla de Munsell
	Densidad	Método del cilindro o Anillo volumétrico
	Textura	Método de Bouyoucos
Químicas	pH	Potenciómetro
	Materia orgánica	Método de Walkley Black
	Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de Amonio pH 7

5.3. Metodología para evaluar el aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica de transposición de suelos en áreas abandonadas por actividades agropecuarias

5.3.1. Selección del sitio de ensayo

Para la evaluación del aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica transposición de suelos, se identificó un sitio del área abandonada por actividades agropecuarias de tamaño 100 m², con igual pendiente y vegetación dominada principalmente por hierbas. En

este sitio se estableció un ensayo conformado por 15 unidades de muestreo de $1 \times 1 \times 0,05$ m (Figura 5).

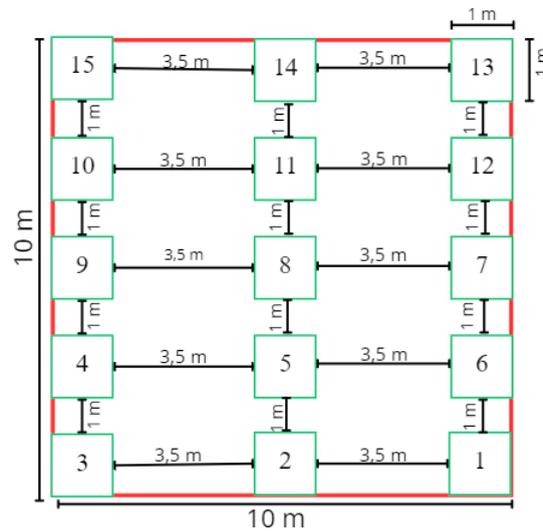


Figura 5. Diseño del ensayo para evaluar el aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica transposición de suelos.

5.3.2. Tamaño, número y recolección de unidades de muestreo

Se utilizaron 10 transposiciones de suelo de $1 \times 1 \times 0,05$ m, que fueron colectadas de la parcela permanente de una hectárea localizada en el bosque nativo del PUFVC, el mismo que actuó como escenario de referencia. De este sitio, se tomaron de forma horizontal las muestras de transposiciones de suelo con la finalidad de abarcar mayor superficie, cada muestra se tomó con una distancia de 10 m (Figura 6).

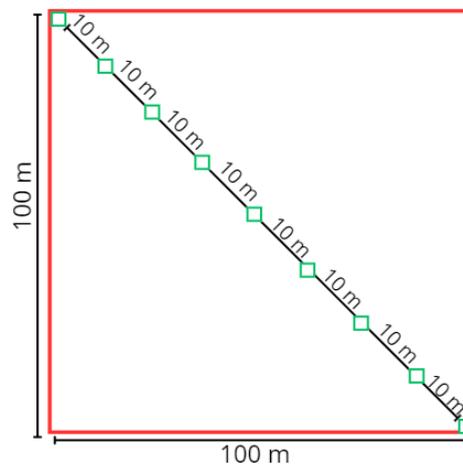


Figura 6. Distribución de la toma de muestras de transposiciones de suelo del escenario de referencia.

5.3.3. Diseño del experimento

Se aplicaron dos tratamientos y un testigo, distribuidos aleatoriamente, con cinco repeticiones cada uno, dando un total de 15. Los tratamientos aplicados se detallan a continuación:

Testigo (TS). En cinco unidades de muestreo, se eliminó la vegetación existente y se removió el suelo hasta una profundidad de 5 cm. Además, para controlar la invasión de hierbas se realizó coronamientos durante el tiempo de evaluación del experimento.

Tratamiento 1 (T1 sin sombra). Se determinaron de forma aleatoria cinco unidades de muestreo, en las que se eliminó la vegetación y se retiró 5 cm de suelo para después colocar la transposición de suelo obtenida del escenario de referencia, además, se realizó un coronamiento alrededor de cada transposición para evitar la aparición de hierbas.

Tratamiento 2 (T2 bajo sombra). Se determinó de forma aleatoria cinco unidades de muestreo, de igual manera se eliminó la vegetación y se retiró 5 cm de suelo, seguidamente se colocó la transposición de suelo obtenida del escenario de referencia. Finalmente se colocó sarán al 80 % de sombra cubriendo toda el área de la transposición y se realizó un coronamiento alrededor de cada transposición para evitar la aparición de hierbas.

La distribución de cada tratamiento y repeticiones en la parcela, se realizó de manera aleatoria con un sorteo (Figura 7).

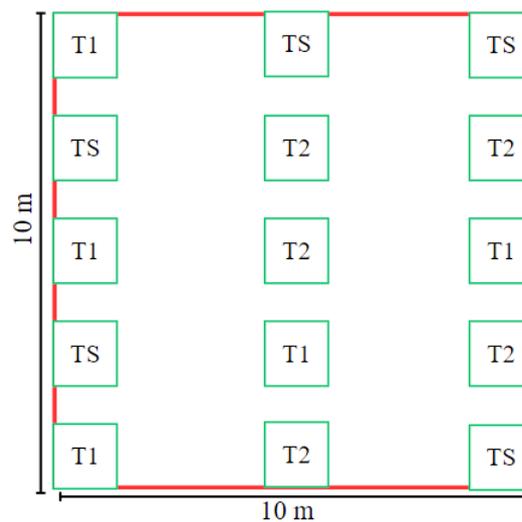


Figura 7. Distribución de los tratamientos en área degradada por actividades agropecuarias.

El diseño experimental fue Completamente Aleatorizado (DCA) y el modelo matemático fue:

$$y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ tratamientos o grupos

$j = 1, 2, 3, \dots, r$ repeticiones u observaciones

$y_{ij} - \mu =$ Fuente de variación total

$T_i =$ Fuente de variación por efecto de tratamientos

$E_{ij} =$ Fuente de variación del error experimental

5.3.4. Medición de variables

Se realizó monitoreos mensuales por el lapso de 6 meses, donde se registró el número de individuos, especies, familias, que se desarrollaron en las diferentes transposiciones de suelo, para lo cual, se utilizó una hoja de campo (Tabla 5). Al culminar los 6 meses se evaluó el aporte final de esta técnica de restauración activa en composición y diversidad florística.

Tabla 5. Hoja de campo para monitoreo de los diferentes tratamientos de transposición de suelo.

N° de monitoreo: _____
Fecha: _____

Nro	Tratamiento	Nro de plantas	Familias	Especies
1				
2				
3				

5.4. Análisis de datos

Para la caracterización de la vegetación y propiedades del suelo del área abandonada por actividades agropecuarias se analizó la información por medio de estadísticas descriptivas para la composición florística, parámetros estructurales horizontales, índices de diversidad. Para evaluar el efecto de la transposición de suelos en la composición y diversidad florística, se realizó un análisis descriptivo por tratamiento para estas variables al final de la evaluación; así como una comparación de medias por medio de la prueba paramétrica ANOVA, previo al cumplimiento de normalidad y homocedasticidad de varianzas, con un nivel de significancia del 0,05. Los datos fueron almacenados y procesados en hojas de cálculo Excel y los análisis estadísticos fueron realizados en el programa estadístico Rstudio versión- 2024.04.2-764 (2024) y InfoStat (2020).

6. Resultados

6.1. Caracterización de la vegetación y propiedades del suelo en un área degradada por actividades agropecuarias

6.1.1. Composición y diversidad florística

En el estrato arbóreo se registraron 38 individuos comprendidos en ocho especies y ocho familias botánicas. Las especies de mayor abundancia fueron *Eucalyptus globulus* (26,32 %), *Pinus patula* (23,6 %) y *Viburnum triphyllum* (23,6 %) (Tabla 6).

Tabla 6. Composición florística del estrato arbóreo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Especie	Familia	Abundancia
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Myrtaceae	10
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae	9
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pinaceae	9
<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	Clethraceae	3
<i>Gynoxys laurifolia</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae	2
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Betulaceae	2
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae	2
<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur.	Myricaceae	1

Para el estrato arbustivo se registraron nueve familias botánicas, que comprendieron a 24 especies y 239 individuos, de los que, *Clinopodium taxifolium* y *Lepechinia mutica* fueron las de mayor abundancia con una representatividad del 13,81 % respectivamente; mientras que, a nivel de familia, la Asteraceae fue la más diversa con ocho especies (Tabla 7).

Tabla 7. Composición florística del estrato arbustivo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Especie	Familia	Abundancia
<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Govaerts	Lamiaceae	33
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling.	Lamiaceae	33
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Asteraceae	30
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	24
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly.	Myrsinaceae	21
<i>Huberia peruviana</i> Cogn.	Melastomataceae	15
<i>Viburnum</i> sp.	Adoxaceae	10
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	Asteraceae	10
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth.	Ericaceae	10
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D. Penn.	Sapotaceae	10
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	Ericaceae	8
<i>Ageratina dendroides</i> King & H. Rob.	Asteraceae	7
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	Asteraceae	6
<i>Gynoxys nitida</i> Muschl.	Asteraceae	4
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov.	Rhamnaceae	3
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	Asteraceae	2
<i>Gaultheria foliolosa</i> Benth.	Ericaceae	2
<i>Vaccinium meridionale</i> Sw.	Ericaceae	2
<i>Escallonia peniculata</i> (Ruiz & Pav.) Schult.	Escalloniaceae	2
<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana	Melastomataceae	2
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma.	Sapotaceae	2
<i>Baccharis genistifolia</i> DC.	Asteraceae	1
<i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae	1

<i>Stevia andina</i> B.L. Rob.	Asteraceae	1
--------------------------------	------------	---

Para el estrato herbáceo se registraron siete familias botánicas y 13 especies, donde *Cynodon dactylon* y *Paspalum* sp registraron la mayor cobertura (50 % y 40 % respectivamente). La familia más diversa fue Poaceae con siete especies (Tabla 8).

Tabla 8. Composición florística del estrato herbáceo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Especie	Familia	Promedio de % de cobertura
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	50,0
<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	40,0
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	Dennstaedtiaceae	37,6
<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees	Poaceae	30,0
<i>Muenlenbeckia</i> sp.	Polygonaceae	25,0
<i>Panicum</i> sp.	Poaceae	19,6
<i>Rhynchospora</i> sp.	Cyperaceae	19,0
<i>Oplismenus</i> sp.	Poaceae	10,5
<i>Holcus lanatus</i> L.	Poaceae	10,0
<i>Conyza</i> sp.	Asteraceae	3,0
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Violaceae	3,0
<i>Peperomia galioides</i> Kunth.	Piperaceae	1,0
<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.	Poaceae	1,0

En cuanto a la diversidad florística, esta fue media de acuerdo al índice de Shannon (H'), sobresaliendo los arbustos. El índice de equitatividad de Pielow (J') determinó una homogeneidad en abundancia y diversidad alta para los tres estratos. La diversidad relativa a nivel de familia y género fue baja, sobresaliendo con más especies la familia Asteraceae (11) y el género *Baccharis* (cuatro) (Anexo 1 y 2). Con respecto al endemismo, los arbustos y árboles presentaron una representatividad de 8,33 % y 12,5 % respectivamente. De igual forma, se registró especies exóticas o introducidas, con el 16,67 % para arbustos, 25 % para los árboles y 30 % para hierbas (Tabla 9).

Tabla 9. Parámetros de diversidad para los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo presentes en un área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Parámetro	Árboles	Arbustos	Hierbas
Riqueza específica	8	24	13
Índice Shannon	1,79	2,70	2,19
Índice de Pielow	0,863	0,849	0,855
Número de especies endémicas	1	2	0
Especies nativas	5	18	9
Especies introducidas	2	4	4

En la Figura 7 se presenta las abundancias de las especies para los tres estratos vegetales (árboles, arbustos y hierbas), donde se evidencia que la mayor diversidad estuvo presente para los arbustos.

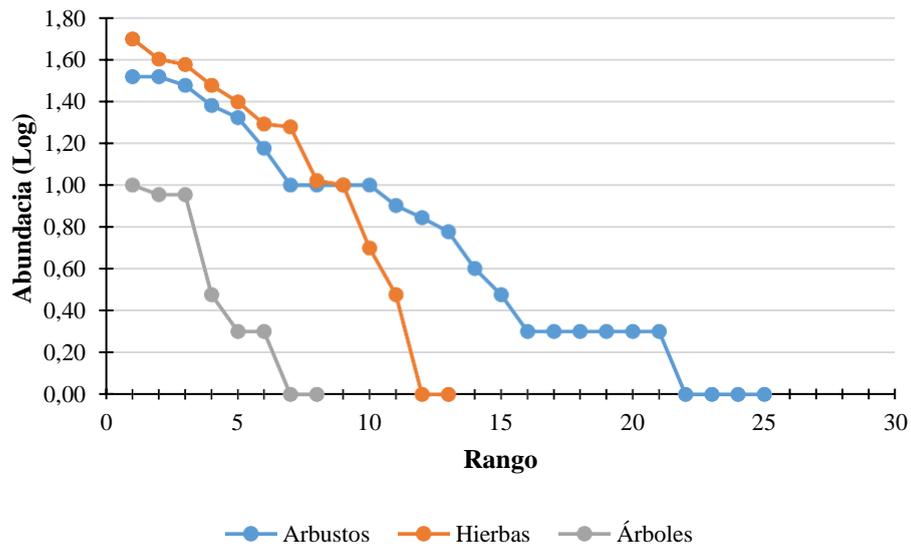


Figura 8. Rango abundancia de las especies en los estratos hierbas, arbustos y árboles en un área abandonada por actividades agropecuarias del PUFVC.

6.2.2. Parámetros estructurales

Los parámetros estructurales fueron calculados únicamente para los arbustos porque son los que definen la estructura de la vegetación en el área abandonada por actividades agropecuarias. Las tres especies de mayor importancia ecológica, es decir con el valor más alto de IVIs, fueron: *Lepechinia mutica* (13,72 %), *Tibouchina laxa* (11,84 %) y *Clinopodium taxifolium* (11,45 %) (Figura 8). En el Anexo 3 se presenta el valor del IVI simplificado para todas las especies arbustivas identificadas en la zona.

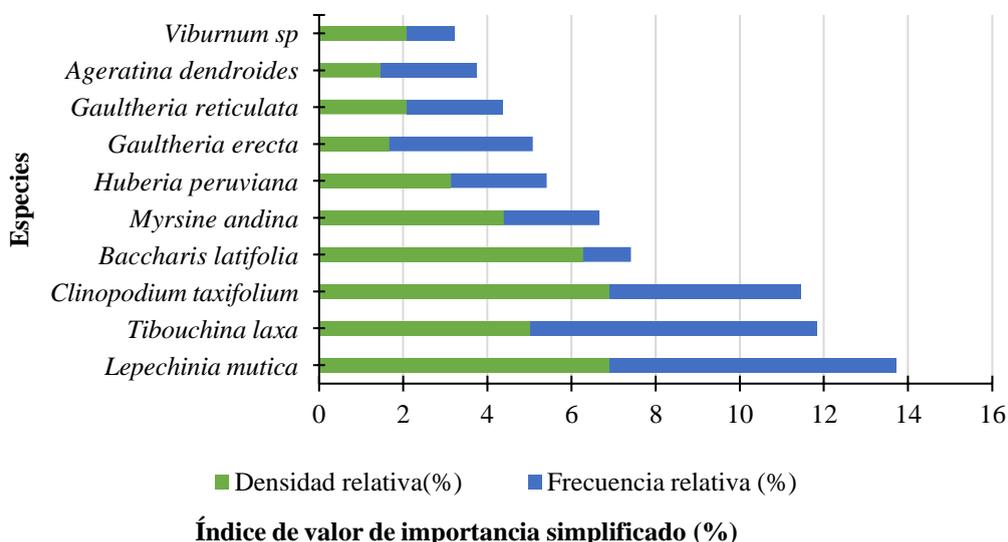


Figura 9. Índice de valor de importancia simplificado (IVI) de las 10 especies arbustivas con mayor valor en un área abandonada por actividades agropecuarias del PUFVC.

6.2.3. Caracterización de las propiedades del suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo del área abandonada por actividades agropecuarias se presentan en la Tabla 10. Sobre las propiedades físicas, el color seco del suelo

se clasificó como gris oscuro sugiriendo un alto contenido de materia orgánica, la densidad aparente indicó un suelo con buena porosidad y buena capacidad de retención de agua y aireación; y, la textura resultó ser franco arcillo arenoso.

Por otra parte, las propiedades químicas del suelo evidenciaron un pH ácido, la materia orgánica con un valor de 14,97 % representó un suelo fértil y estructurado; y, la capacidad de intercambio catiónico indicó un suelo con alta capacidad para retener y suministrar nutrientes esenciales para las plantas.

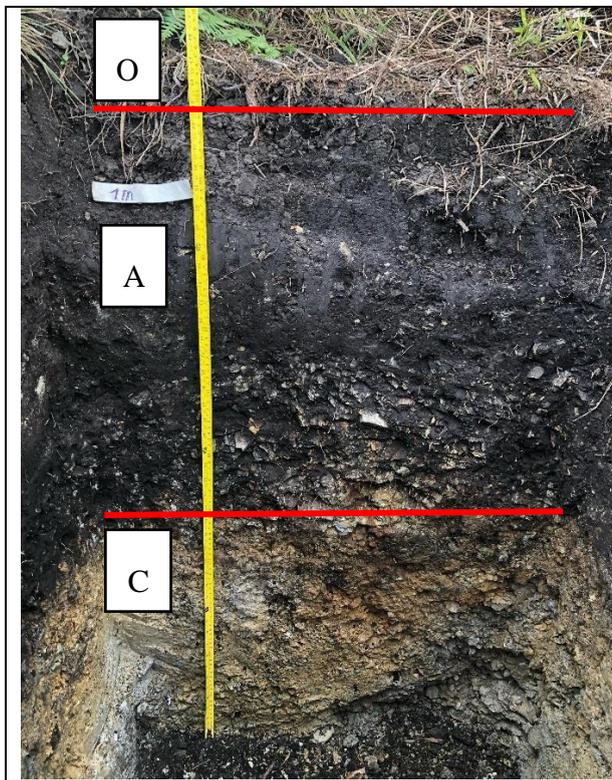
Tabla 10. Propiedades físicas y químicas del suelo en áreas degradadas del PUFVC.

Propiedad	Variable	Valor	Interpretación
Física	Color en suelo seco	7,5 YR 3/1	Gris oscuro
	Densidad aparente	0,876 g/cm ³	Suelos minerales volcánicos
	Textura	% Ao= 62 % Ac= 6 % Lo= 32	Franco arcillo arenoso
Química	pH	4,2	Ácido
	Materia orgánica	14,97 %	
	Capacidad de intercambio catiónico	24,4 cmol/Kg	Alta

Otras propiedades que se identificaron con ayuda de la calicata fueron la presencia de raíces la plasticidad, adhesividad, estructura, fragmentos gruesos y los límites de los horizontes del suelo (Tabla 11).

Tabla 11. Propiedades del suelo identificadas en la calicata en el área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Horizontes	Propiedades
-------------------	--------------------



Raíces: finas (1-2 mm)- comunes (1-5)
Plasticidad: Ligeramente plástico
Límites: Abrupto (< 2cm)
Estructura: Bloques, medio, moderado
Fragmentos gruesos: Grava media (5-20 mm)
Adhesividad: Adhesivo
Grosor de los horizontes
Horizonte O: 10 cm
Horizonte A: 60 cm
Horizonte B: No existente
Horizonte C: Mayor a 50 cm

6.2. Evaluación del aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica de transposición de suelo

6.2.1. Composición florística

A los 6 meses de evaluación, en los tratamientos (T1 y T2) y el testigo (T0) se identificaron en total 32 familias, 82 géneros y 82 especies.

En el Testigo, se registraron 328 individuos comprendidos en 9 familias con 11 géneros y 11 especies, de las cuales una fue identificada como morfoespecie debido a su tamaño diminuto en altura y hojas lo que dificultó su identificación (Tabla 11). Del total de especies registradas (11), el 63,63 % fueron hierbas, 18,18 % arbustos, 9 % fue una especie de hongo, y una especie no identificada (9 %).

Tabla 12. Composición florística del testigo en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Especies	Familia	Individuos
<i>Rhynchospora</i> sp.	Cyperaceae	130
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	89
<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	50
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Violaceae	22
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	14
<i>Phenax</i> sp.	Urticaceae	7
Morfoespecie 3	Poaceae	6
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B Clarke	Cyperaceae	4
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth.	Phytolaccaceae	4
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.	Dennstaedtiaceae	1
<i>Suillus luteus</i> L.	Boletaceae	1
Total		328

En el Tratamiento 1 (sin sombra), se encontraron 653 individuos comprendidos en 17 familias con 28 géneros y 28 especies, de las cuales una fue registrada como morfoespecie debido a que por su tamaño diminuto en altura y hojas dificultó su identificación (Tabla 12). Del total de especies registradas (28), el 60,71 % fueron hierbas, 32,14 % arbustos y 3,57 % arbóreas, con una especie no identificada (3,57 %).

Tabla 13. Composición florística del tratamiento 1 (sin sombra) en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Especie	Familia	Individuos
<i>Rhynchospora</i> sp.	Cyperaceae	147
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	97
<i>Bidens</i> sp.	Asteraceae	74
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Violaceae	68
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	62
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth.	Phytolaccaceae	34
<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	28

Morfoespecie 3	Poaceae	20
<i>Pappobolus</i> sp.	Asteraceae	15
<i>Sida</i> sp.	Malvaceae	15
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	14
<i>Lepechinia</i> sp.	Lamiaceae	13
<i>Spermacoce</i> sp.	Rubiaceae	13
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	12
<i>Galium</i> sp.	Rubiaceae	6
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B Clarke	Cyperaceae	5
<i>Erigeron canadiensis</i> L.	Asteraceae	4
<i>Verbesina pentantha</i> S. F. Blake	Asteraceae	4
<i>Blechnum occidentale</i> L.	Blechnaceae	3
<i>Hydrocotyle</i> sp.	Araliaceae	3
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	3
<i>Phenax</i> sp.	Urticaceae	3
<i>Smilax</i> sp.	Smilacaceae	3
<i>Conyza</i> sp.	Asteraceae	2
<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	2
<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae	1
<i>Centropogon comosus</i> Gleason.	Campanulaceae	1
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	Asteraceae	1
Total		653

Por otra parte, en el tratamiento 2 (bajo sombra), se identificaron 1 298 individuos agrupados en 30 familias con 43 géneros y 43 especies, de las cuales no se identificaron tres especies debido a su nivel de desarrollo. Las especies *Rhynchospora* sp, *Viola arguta*, *Phenax* sp y *Solanum* sp sobresalieron con más de 100 individuos (Tabla 13). Del total de especies registradas (42), el 42,86 % fueron hierbas, 35,71 % arbustos y el 11,90 % arbóreas, con cuatro especies no identificadas (9,5 %).

Tabla 14. Composición florística del tratamiento 2 (bajo sombra) en un área degradada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Espece	Familia	Individuos
<i>Rhynchospora</i> sp.	Cyperaceae	220
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Violaceae	151
<i>Phenax</i> sp.	Urticaceae	132
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	122
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	98
<i>Pappobolus</i> sp.	Asteraceae	97
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth.	Phytolaccaceae	85
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae	74
<i>Paspalum</i> sp.	Poaceae	54
<i>Bidens</i> sp.	Asteraceae	52
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	Melastomataceae	31
Morfoespecie 3	Poaceae	20
<i>Rubus</i> sp.	Rosaceae	17

<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	Asteraceae	16
<i>Sisyrinchium alatum</i> Hook.	Iridaceae	14
<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	12
<i>Sida</i> sp.	Malvaceae	11
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	Nyctaginaceae	9
Morfoespecie 1	Rubiaceae	7
<i>Blechnum occidentale</i> L.	Blechnaceae	5
<i>Erigeron canadiensis</i> L.	Asteraceae	5
<i>Gnaphalium</i> sp.	Asteraceae	5
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	5
<i>Verbesina pentantha</i> S. F. Blake	Asteraceae	5
<i>Alnus</i> sp.	Betulaceae	4
<i>Centropogon comosus</i> Gleason.	Campanulaceae	4
<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	Chloranthaceae	4
<i>Hydrocotyle</i> sp.	Araliaceae	4
<i>Lepechinia</i> sp.	Lamiaceae	4
<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	4
<i>Spermacoce</i> sp.	Rubiaceae	4
<i>Cestrum tomentosum</i> L.fil.	Solanaceae	3
Morfoespecie 4	Sapindaceae	3
<i>Smilax</i> sp.	Smilacaceae	3
<i>Escallonia</i> sp.	Escalloniaceae	2
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B Clarke	Cyperaceae	2
<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae	1
<i>Monnina</i> sp.	Polygalaceae	1
Morfoespecie 2	Commelinaceae	1
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees.	Lauraceae	1
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae	1
<i>Vasconcellea</i> sp.	Caricaceae	1
Total		1 298

La composición florística de cada uno de los tratamientos y el testigo fue comparada entre sí mediante la técnica multivariada NMDS evidenciándose diferencias florísticas principalmente entre el testigo y el tratamiento 2 (prueba no paramétrica ANOSIM, $R=0,472$; $p= 0,0014$) (Figura 9).

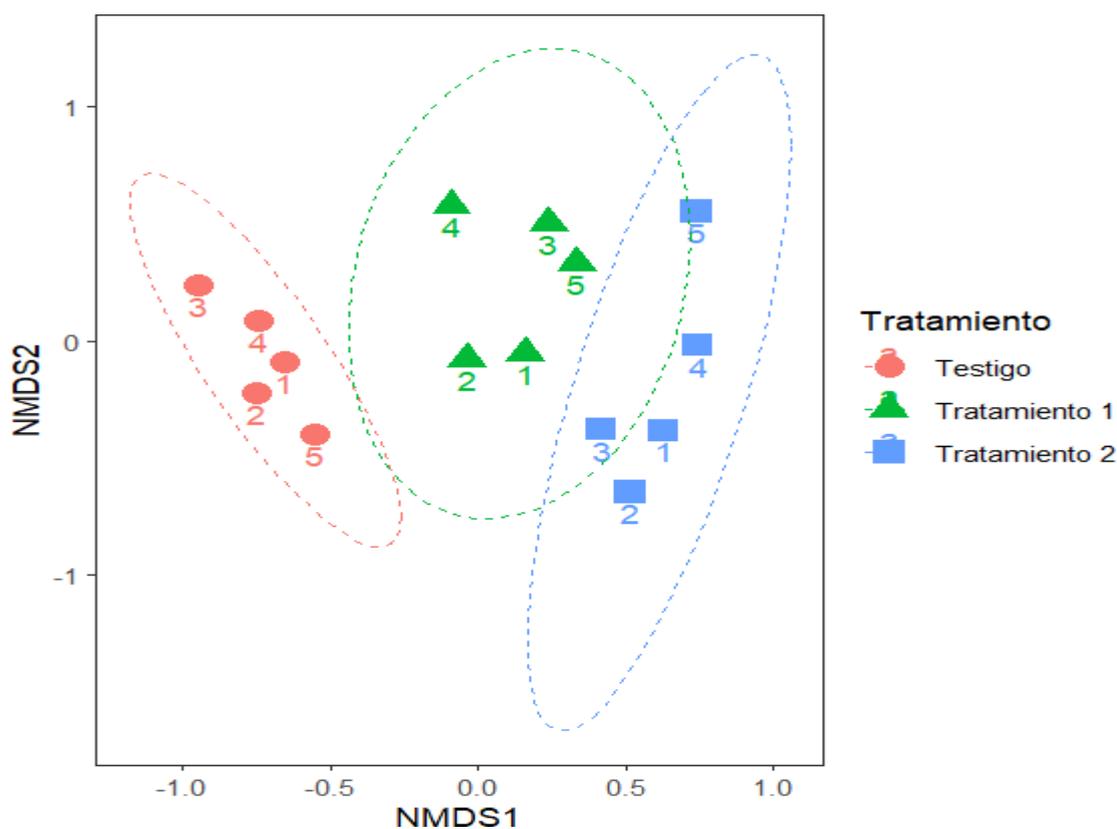


Figura 10. Similitud de la composición florística entre los tratamientos y el testigo mediante la técnica multivariada NMDS.

6.2.2. Diversidad florística

La diversidad de los tratamientos y el testigo fue media, sobresaliendo el tratamiento 2 con los valores promedios más altos en riqueza específica, abundancia e índices de diversidad (Tabla 13).

Tabla 15. Parámetros de diversidad florística de los tratamientos 1, 2 y el testigo en un área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

Tratamiento	Riqueza específica	Abundancia	Shannon	Pielow
	Media	Media	Media	Media
Testigo	6,20 ±0,73	65,60±9,84	1,37±0,06	0,77±0,04
Tratamiento 1	15,20 ±1,02	130,60±21,42	2,09±0,06	0,77±0,03
Tratamiento 2	23,40±1,03	259,60±37,45	2,39±0,08	0,76±0,02

Al comparar las medias entre los tratamientos T1 (sin sombra), T2 (con sombra) y el testigo T0 se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores de la riqueza específica, abundancia y el índice de diversidad de Shannon (ANOVA, p -valores $\leq 0,05$, $\alpha=0,05$). Por otra parte, el índice de Pielow no mostró diferencias significativas (ANOVA, p -valor $\geq 0,05$, $\alpha=0,05$). Ver Figura 10.

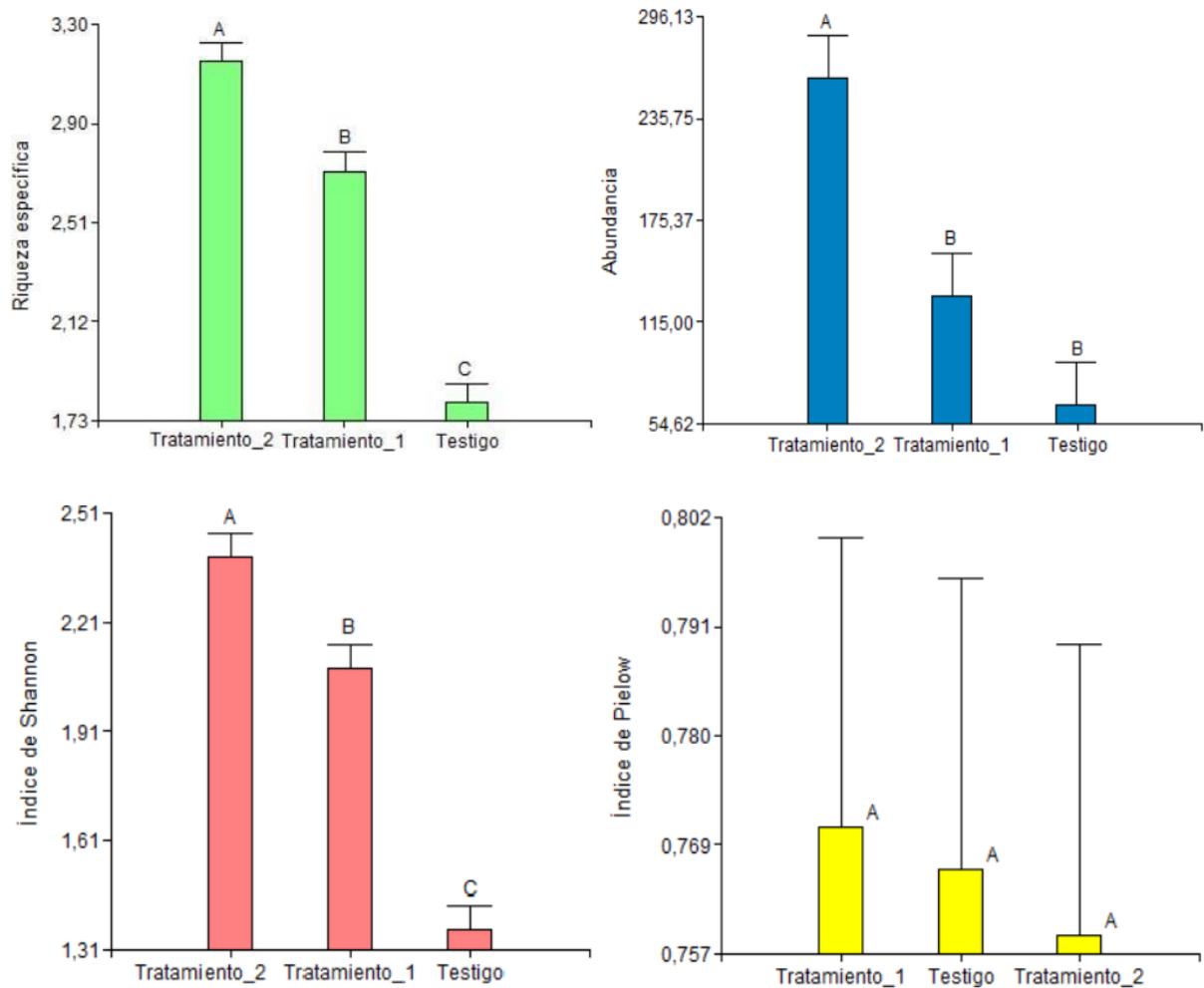


Figura 11. Prueba paramétrica para riqueza específica, la abundancia el índice de Shannon y Pielow.

6.2.3. Dinámica de la abundancia por tratamiento

En la Figura 11 se presenta la dinámica de la abundancia registrada durante un periodo de evaluación de seis meses para los tratamientos T1, T2 y testigo (T0). Esta dinámica fue similar para todos los grupos comparados, registrándose las mayor abundancia en el segundo mes (60 días) a partir de la que empieza un decrecimiento hasta el cuarto mes (120 días), seguido por otro incremento de las abundancias, en especial para el tratamiento T2.

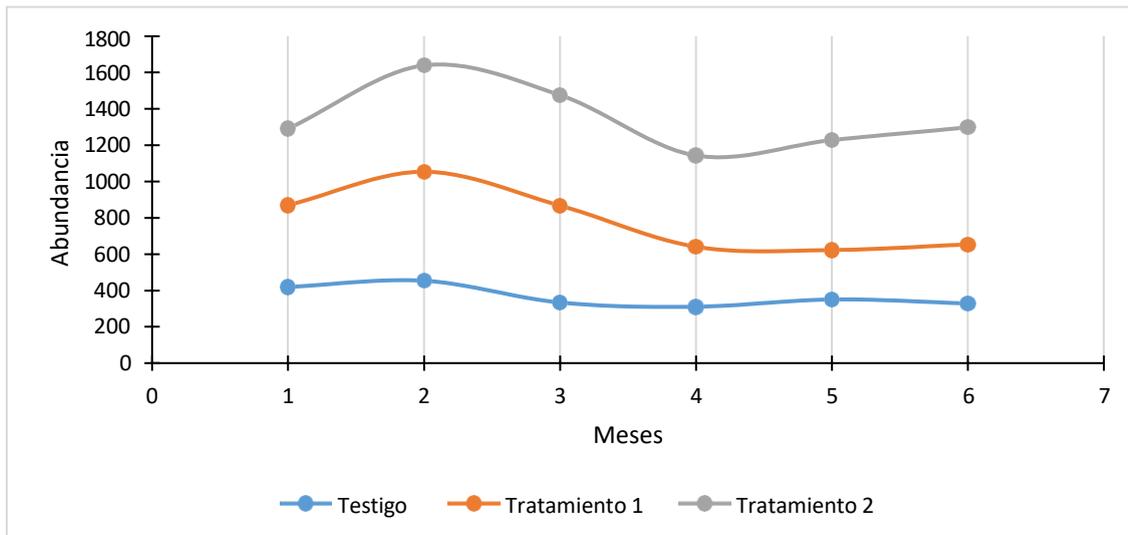


Figura 12. Abundancia de los tres tratamientos en los 6 meses de evaluación.

6.2.4. Dinámica de la abundancia por especie

En la Figura 12 se presenta la dinámica en abundancia para las especies que mostraron variabilidad en sus abundancias, es decir aumentos o disminución en el número de individuos. Esta dinámica se visualizó a partir del mes cuarto, que fue donde se pudo identificar la especie. Las especies *Alnus sp.*, *Hydrocotyle sp.*, *Lepechinia sp.* y *Solanum sp.* experimentaron aumentos progresivos en sus abundancias, contrario a las especies *Phytolacca bogotensis* y *Palicourea amethystina* que mostraron mortalidad de individuos en el sexto mes. Para *Munnozia senecionidis* se registró una disminución de su abundancia en el cuarto mes, pero para el sexto mes su abundancia fue mayor.

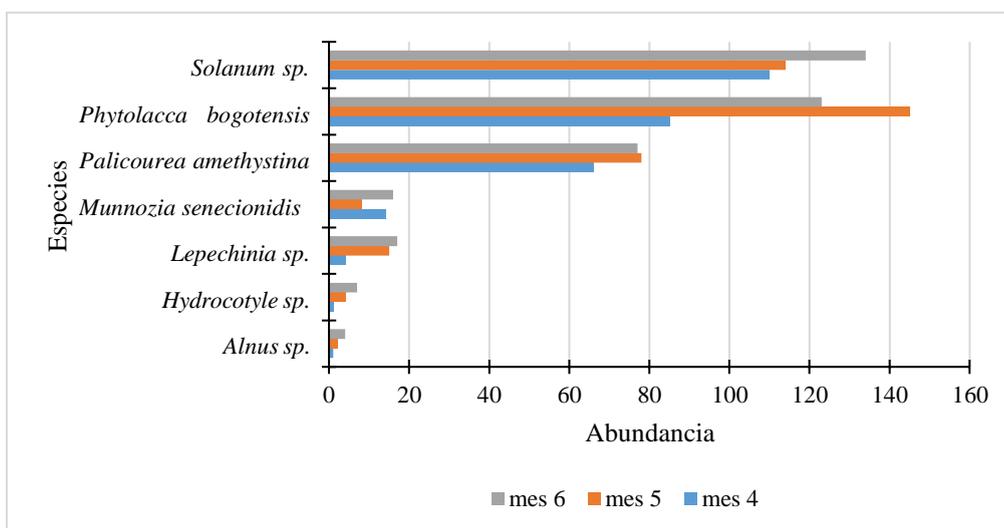


Figura 13. Dinámica de las abundancias de 7 especies que se desarrollaron en las trasposiciones de suelo en el área abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC.

7. Discusión

7.1. Caracterización de la vegetación y propiedades del suelo en un área degradada por actividades agropecuarias

- Composición y diversidad florística

La composición y diversidad florística en la zona abandonada por actividades agropecuarias en el PUFVC mostró una diversidad media, con 13 especies de hierbas, 24 arbustos y ocho árboles, así como, la presencia de nueve especies endémicas. La distribución equitativa de las especies indicó una diversidad alta, lo que sugiere una recuperación natural en el área tras impedir las actividades agropecuarias (Chazdon et al., 2020, Trabaud, 1998). Este proceso de restricción de actividades en el sitio, habría favorecido la regeneración a partir del banco de semillas, banco de plántulas y lluvia de semillas (Castillo Martínez, 2008).

Al comparar estos resultados con estudios similares, se observan diferencias notables. Por ejemplo, en un matorral andino afectado por incendios forestales, Muñoz-Camba et al. (2022) registraron, tras cinco años de evaluación, 27 especies de árboles y arbustos, 24 géneros y 16 familias, con una diversidad media y solo cuatro especies. En contraste, Parra et al. (2004) identificaron una mayor riqueza en la microcuenca Pachachaca, Perú, con 179 especies pertenecientes a 57 familias en un ecosistema degradado por agricultura.

La composición florística del sitio de estudio estuvo dominada por arbustos y hierbas, representando un ecosistema matorral con la presencia aislada de árboles. Entre las especies más abundantes están especies exóticas como *E. globulus* y *P. patula*, lo que evidencia la intervención antrópica. Por otra parte, se identificó especies arvenses asociadas a pastizales como *Baccharis latifolia*, *Stevia andina* y *Tibouchina laxa* (Aguirre et al., 2019) que indican alteraciones del ecosistema como la agricultura y ganadería, quemas o incendios. Estas especies, también reflejan un proceso de sucesión natural facilitado por la restricción de actividades agrícolas y ganaderas (Chazdon et al., 2020, Guariguata y Ostertag, 2002).

Especies particulares que formaron la composición florística del sitio fueron *C. dactylon*, *Paspalum* sp y *P. aquilinum*, siendo esta última un fuerte indicativo de quemas o incendios forestales, debido a su alta capacidad competitiva y capacidad de reproducción vegetativa bajo diferentes densidades de luz (Tillaguango et al., 2023). En el estudio de Sarango et al. (2019) informan que, tras un incendio forestal, la estructura de la vegetación se vio afectada en un 75 %, mientras que Baker (2017), reportó una pérdida del 42,8 % de cobertura vegetal tras un incendio de baja intensidad en la reserva Madrigal del Parque Nacional Podocarpus en 2016.

- **Parámetros estructurales**

Los arbustos que dominan en abundancia y definen la estructura de la vegetación en el sitio son *Lepechinia mutica* (IVIs 13,72 %), especie representativa del matorral andino en el PUFVC (Muñoz-Camba et al., 2022), endémica (León et al., 2012) y de gran importancia medicinal (Torre, 2008). Le siguen *Tibouxina laxa* (11,45 %) y *Baccharis latifolia* (7,41 %), esta última destacada también por Saranago et al. (2019) en el PUFVC como una especie con mayor índice de valor de importancia. En el estudio realizado por García (2013) en el matorral altoandino de la cuenca del río Pamplonita, las familias con mayor diversidad fueron Asteraceae, Melastomataceae, Rubiaceae y Ericaceae, mostrando una alta diversidad de géneros.

Para el caso de las hierbas, las especies más dominantes fueron *Cynodon dactylon* (50 %), *Paspalum sp* (40 %) y *Pteridium aquilinum* (37,6 %), lo que evidencia un uso previo del área para actividades agropecuarias, además de haber sido afectado por incendios forestales. En el estudio de Saranago et al. (2019), *Pteridium aquilinum* fue la especie herbácea más representativa, con una cobertura superior al 75 %, debido a su capacidad de colonizar áreas afectadas por incendios forestales.

- **Características físicas y químicas del suelo**

En el presente estudio, se obtuvo una densidad aparente de 0,876 g/cm³, lo que indica que son suelos poco compactados y con una textura fina arcillosa. La densidad aparente tiende a disminuir con la profundidad, posiblemente debido a la mayor actividad biológica en las capas superficiales (Alvarado y Forsythe, 2005). Según Rubio (2010), señala que los valores bajos de densidad aparente en la superficie están asociados con un alto contenido de materia orgánica. Los suelos compactados presentan valores mayores a 1,90 g/cm³, mientras que suelos volcánicos tienden a aproximarse a 0,85 g/cm³ (Reguerín, 2004).

El análisis de la textura del suelo reveló un suelo franco arcillo arenoso, con un 62 % de arena, 32 % de limo y 6 % de arcilla. Este tipo de suelo ofrece un balance adecuado entre la capacidad de infiltración y retención del agua, elementos importantes en las actividades agropecuarias. En contraste, un estudio realizado por Espinosa et al. (2018) en un cultivo de cacao en la provincia de los Ríos, Ecuador, mostró una composición distinta (arena 8 %, limo 40% y arcilla 18-28 %), lo que evidencia como el cambio de uso del suelo de bosque a cultivo de cacao puede modificar las propiedades, aumentando el contenido de arcilla y afectando negativamente la movilidad del agua. Los monocultivos tienden a degradar los suelos al reducir

la porosidad y alterar el equilibrio hídrico.

Sobre el contenido de materia orgánica, el suelo del área de estudio presentó un valor del 14,97 %, considerado como alto. Según Eguiarte (2007), un porcentaje superior al 4 % se considera excelente, lo que indica que el suelo es fértil y apto para actividades agropecuarias. La materia orgánica actúa como una reserva de nutrientes, explicando en parte el uso previo del área para la agricultura. Adicionalmente, el color oscuro del suelo, para el presente estudio, sugiere alta productividad, como afirman Moreno et al (2010), quienes destacan que el color es un indicador vital clave de la calidad del suelo. Trinidad (2016), también reporta altos niveles de materia orgánica (5,8 % en los primeros 15 cm de suelo), favoreciendo la fertilidad y el rendimiento agrícola.

El pH del suelo fue de 4,2, lo que indica una fuerte acidez probablemente como resultado de las actividades agropecuarias previas en el sitio. Este valor es inferior al rango óptimo para la agricultura, que se sitúa entre 6,5 y 7,5 lo que puede haber afectado la productividad del área (Romero et al., 2009). En comparación con Median et al. (2016) reportaron un pH de 6,9 a 8,4 en suelos de Jalisco, México, lo que está por encima del valor adecuado para prácticas agrícolas.

La capacidad de intercambio catiónico del suelo fue de 24,4 meq/100 g, lo que evidencia una alta capacidad de retención y suministro de nutrientes, fundamental para la fertilidad de los suelos. Otero et al. (2018) reportaron una capacidad de intercambio catiónico de 57,65 meq/100 g, en suelos agrícolas de alta fertilidad, destacando la importancia de esta propiedad para el éxito de las actividades agropecuarias.

7.2. Aporte inicial en composición y diversidad florística de la técnica de transposición de suelos

- Composición florística

La composición florística en el tratamiento dos, bajo sombra, resultó ser el más representativo, mostrando una mayor presencia de arbustos y hierbas, así como algunas especies arbóreas. Esto sugiere que las condiciones de sombra proporcionadas en este tratamiento favorecieron la germinación y el desarrollo de diversas especies, lo que es sostenido por otras investigaciones donde se destacan el efecto positivo de la sombra en la regeneración natural (Portuguez et al., 2020). En comparación, tanto el tratamiento uno como el testigo presentaron una menor diversidad florística, lo que sugiere que la sombra no solo mejora las condiciones micro climáticas en las primeras etapas de desarrollo de las plantas, sino que

también podría influir en la disponibilidad de recursos como la humedad y la temperatura del suelo, que son claves en la germinación.

Sobre el tamaño de las unidades de muestreo, en el presente estudio fueron de un metro cuadrado cada una, con un total de cinco repeticiones por tratamiento. Esto permitió encontrar en el tratamiento dos 1 298 individuos, agrupados en 30 familias, distribuidos en un 42,86 % de hierbas, un 35,71 % de arbustos y un 11,90 % arbóreas. En otras investigaciones como Vieira (2003) reportó con una transposición de suelos de 16 m² en un área degradada a la orilla del mar 472 individuos distribuidos en 58 especies, de los cuales el 45 % fueron herbáceas, 22 % arbóreas, 16 % arbustivas. En un estudio del banco de semillas del suelo en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro realizado por Muñoz et al. (2021), en muestras de capa orgánica del suelo registraron un total de 519 individuos distribuidos en 33 especies, dentro de los cuales el 61% fueron hierbas, el 33 % arbustos, el 0,22 % árboles y un 5 % morfoespecies. Al igual que estas investigaciones se presenta un mayor riqueza y abundancia en las hierbas.

Aunque las proporciones varían entre estudios, en todos las investigaciones se observa una alta representación de las especies herbáceas en las primeras etapas de restauración, lo que es característico de los ecosistemas en procesos de sucesión ecológica. Esta tendencia, evidenciada en la presente investigación, resalta el importante papel de las hierbas en la colonización temprana de áreas degradadas tras la transposición de suelos. Las especies herbáceas actúan como pioneras facilitando la sucesión de otras formas de vida de las plantas, creando ambientes favorables para la regeneración de especies más especialistas.

En cuanto al testigo, la composición florística resultó ser baja, probablemente al estado de degradación del área de estudio, producto de actividades agropecuarias de bajo impacto, como la ganadería y cultivos de ciclo corto. Las especies dominantes en el área testigo fueron *Rhynchospora* sp., *Commelina erecta* y *Paspalum* sp., todas catalogadas como arvenses según Aguirre et al. (2019). La presencia de estas especies pioneras y resistentes a la degradación sugiere que el sitio ha estado sometido a un uso agropecuario que ha reducido la capacidad para sostener una mayor diversidad de plantas nativas.

El análisis NMDS mostró diferencias en la composición florística entre los tratamientos y el testigo. Se observó una ligera similitud entre el tratamiento uno y el testigo, mientras que, el tratamiento dos hubo una diferencia marcada respecto al testigo, lo que se puede atribuir al efecto de la sombra, cuya diversidad de especies fue capaz de establecerse y prosperar bajo condiciones de sombra. En este sentido, el estado del banco de semillas es una de las principales

limitaciones en la restauración de ecosistemas degradados (Vargas, 2011), por lo que la transposición de suelos representa una estrategia eficaz para superar esta barrera y facilitar el establecimiento de especies nativas en áreas degradadas.

- **Diversidad en las transposiciones de suelo**

La transposición que presentó mejor diversidad en cuanto a riqueza específica, abundancia, Shannon y Pielow fue el tratamiento 2, bajo sombra, además de la presencia de especies típicas de los tres estratos; mientras que, en el testigo se observaron solo hierbas y muy pocos arbustos. Esto sugiere que la sombra fue clave para la germinación y establecimiento de individuos nuevos; así como, confirma el buen estado de conservación del bosque andino del PUFVC (Muñoz et al., 2021).

El análisis de varianza ANOVA, mostro que el tratamiento dos fue diferente significativamente con respecto al testigo y tratamiento uno en la riqueza específica, abundancia y el índice de Shannon. Es importante considerar que para las transposiciones de suelo el estado del banco de semillas del área de referencia debe ser bueno y encontrarse en buen estado de conservación (Reis y Treis, 2007) para asegurar el material que se introduce al área degradada, ya que las muestras que se recolectaron fueron de un área con un buen estado de conservación y se observa gran aporte en diversidad florística (Aguirre et al., 2017).

- **Dinámica de la vegetación en las transposiciones de suelos**

En cuanto a especies, las que emergieron en primera instancia fueron las herbáceas y arbustivas, finalmente, aparecieron las arbóreas cuya presencia podría obedecer a que las condiciones micro climáticas probablemente fueron favorables y adecuadas para su germinación (Poorter et al., 2023). Se observó también especies importantes como *Nectandra laurel* y *Siparuna muricata*, las cuales no han sido reportadas en estudios de banco de semillas del suelo bajo condiciones controladas para el bosque nativo del PUFVC (Muñoz et al., 2021; Carrera, 2019; Sánchez, 2021; Medina, 2023; Fernández, 2022). Con la transposición de suelos se acelera estos procesos aumentando la diversidad en sitios degradados.

En cuanto a la abundancia, al segundo mes de monitoreo (enero) se incrementó el número de individuos en los tratamientos, para luego disminuir en el cuarto mes (marzo). Estos resultados podría ser explicado por Aguirre et al. (2023) al mencionar que los bancos de semillas en el suelo son activos; además, las plántulas no soportan altas radiaciones solares y suelen ser pioneras ya que, con el pasar del tiempo van desapareciendo.

La identificación de las especies se realizó a partir del tercer mes, debido a la dificultad de su identificación al momento de sus apariciones. En algunos casos, se evidenció la producción de frutos en especies como *Solanum* sp y *Phytolaca* sp, lo que generó probablemente una lluvia y dispersión de semillas en el sitio de estudio. El incremento de abundancia y riqueza en las curvas de germinación hacen referencia al aporte significativo de la transposición de suelos (Bedoya-Patiño et al., 2010; Neto et al., 2010; Silva, 2011).

Las principales limitaciones con la transposición de suelos fueron la identificación de las especies debido a su tamaño, las variaciones climáticas diarias con altas temperaturas durante el día y la disminución de estas en las noches, lo que generó condiciones adversas que impidieron el desarrollo del total de individuos que emergieron, y la selección y transporte del material ya que de este depende el éxito de la técnica (Díaz-Triana et al., 2023). Por lo tanto, la técnica de transposición de suelos representa un gran desafío al evaluar y monitorear el crecimiento y establecimiento de las especies, además, requiere un monitoreo para evitar que las especies se pierdan con el pasar del tiempo, pues esto es necesario para la formación de grupos sólidos de especies e individuos que a futuro generen microhábitats necesarios para la restauración de áreas degradadas.

8. Conclusiones

- La composición y diversidad de la vegetación en los sitios afectados por actividades agropecuarias en el PUFVC, presentaron una importante presencia y diversidad de especies en los tres estratos, especialmente en arbustos como *Clinopodium taxifolium*, *Lepechinia mutica*, *Baccharis latifolia*, *Tibouchina laxa*, *Myrsine andina*, entre otras, lo que ha facilitado la sucesión natural y su aceleración en el sitio.
- El análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo determinó un uso previo para actividades agropecuarias. No obstante, el sitio presentó un adecuado potencial de regeneración natural facilitando su restauración pasiva gracias a la baja densidad aparente y alta capacidad de intercambio catiónico, condiciones que son favorables que favorecen la recuperación del sitio.
- La recuperación de la diversidad florística, en riqueza específica y abundancia, con el tratamiento dos bajo sombra fue efectiva logrando diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo, constituyendo en una técnica efectiva para la restauración de áreas degradadas y la recuperación de la diversidad florística en sus etapas iniciales.
- La transposición de suelo resultó ser efectivo para acelerar los procesos de recuperación en sitios degradados, más aun controlando la sombra en las primeras etapas de desarrollo. Esto favoreció la aparición de especies herbáceas y arbustivas en primera instancia, y de especies arbóreas como *Nectandra laurel* y *Siparuna muricata* en etapas posteriores.

9. Recomendaciones

- Monitorear continuamente los individuos que aparecen con la técnica de transposición de suelos, tanto en las primeras etapas y en las posteriores hasta lograr contar con un grupo de individuos y especies que constituyan el punto de partida de la conexión con otras especies y vegetación.
- Combinar la transposición de suelos con otras técnicas como la plantación de especies nativas, para aumentar la diversidad en áreas degradadas y acelerar aún más la sucesión natural.
- Implementar la transposición de suelos durante las temporadas de lluvias, evitando los meses secos para maximizar el éxito de la técnica y mejorar el establecimiento de la vegetación.

10. Bibliografía

- AGROCALIDAD. (2018). Instructivo INT/SFA/10: Muestreo para análisis de suelos. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/agua8.pdf>
- Aguirre Mendoza, Z. H., Merchán Granda, J. P., & Geada López, G. (2022). Dinámica de crecimiento de especies forestales en el bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(3), 292-306.
- Aguirre-Mendoza Z., Jaramillo-Díaz N. y Quizhpe-Coronel W. (2019). Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 216 páginas.
- Aguirre, N., y Torres, J. (2014). Restauración ecológica de los páramos de Jatunhuaycu: Degradación, Sistemas de Referencia y Estrategias de Regeneración.
- Aguirre, Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad.
- Aguirre, Z., y Aguirre, N. (1999). Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales. *Herbario Loja*, 5, 1999.
- Alvarado, A., y Forsythe, W. (2005). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 29 (1), 85-94.
- Baker, S. (2017). In Investigation of natural regeneration of vascular plants in the Madrigal Reserve of the Podocarpus. *Independent Study Project (ISP) Collection*. 2557. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/2557
- 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.
- Benayas, J. M. R., Bullock, J.M., & Newton, A. C. (2008). Creación de islotes forestales para reconciliar restauración ecológica, conservación y uso agrícola. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (28), 277-282.
- Brovkin, V.; Claussen, M.; Driesschaert, E; Fichet, T.; Kicklighter, D.; Loutre, M. F.; Matthews, H. D., Ramankutty; N., Schaeffer, M. and Sokolov, A. (2006). Biogeophysical effects of historical land cover changes simulated by six Earth system models of intermediate complexity. *Climate Dynamics*. DOI 10.1007/s00382-005-0092-6.
- Calderón, O. A. A. (2002). Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 27(92), 5-27.

- Carrera, G. (2019). *Banco de semillas del suelo en dos ecosistemas del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación "Francisco Vivar Castro"* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja] Repositorio Digital-Universidad Nacional de Loja <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/21678>
- Castillo Martínez, L. S. (2008). Importancia del banco de semillas y la dispersión post-disturbio en la regeneración de plantas en claros naturales de un bosque amazónico colombiano.
- Ceccon, Eliane. (2013). Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales.
- Chazdon, R. L., Lindenmayer, D., Crouzeilles, R., Rey Benayas, J. M., Lazo Chavero, E., y Guariata, M. (2020). La regeneración natural del bosque en tierras abandonadas como estrategia de restauración. *CIFOR infobrief*, 286. https://www.researchgate.net/publication/341345423_La_regeneracion_natural_del_bosque_en_tierras_abandonadas_como_estrategia_de_restauracion
- Clewell, A., Aronson, J., & Winterhalder, K. (2004). The SER international primer on ecological restoration.
- Díaz-Triana, J. E., Vargas-Ríos, O., & Rodríguez-Eraso, N. (2023). La nucleación: Una alternativa para la restauración ecológica de bosques neotropicales. *Ecología Austral*, 33(3), 867-886.
- Duarte, L. D. (2018). Evaluación de diferentes tratamientos de nucleación como estrategias de restauración ecológica, en su etapa inicial, en áreas de bosque alto andino invadidas por *Pteridium aquilinum* (L.) Khun. <http://hdl.handle.net/10554/40365>.
- Eguiarte, D.R. (2007). Distribución espacial del contenido de materia orgánica de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco. *Revista Terra Latinoamericana*, 25(2), 187-194.
- FAO. (2016). El estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. *Roma*.
- FAO. (2018). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Términos y definiciones.
- 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 pregrado, Universidad Nacional de Loja] Repositorio Digital-Universidad Nacional de Loja <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24656>

- García, S. T., Rodríguez, M. A. M., & Montaña, L. R. S. (2013). Composición florística y estructura del matorral de la franja altoandina en la cuenca del río pamplonita. *Revista ambiental agua, aire y suelo*, 4(2).
- García Orozco, J. A., Cedillo Gutiérrez, J. G., Juan Pérez, J. I., & Balderas Plata, M. Ángel. (2012). Procesos de cambio en el uso del suelo de una microcuenca en el altiplano mexicano. El caso del río San José en el estado de México. *Papeles de Geografía*, (55-56), 63-7. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/176211>
- González, L., Muñoz, L., Granda, V., y Aguirre, Z. (2023). Monitoreo del crecimiento en un ensayo de restauración de matorral andino en la hoya de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 13(1), 68-82. <https://doi.org/10.54753/blc.v13i1.1735>
- Guariguata, M. R., y Ostertag, R. (2002). Sucesión secundaria. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, 591-623.
- Hernández, M. E. O., Lezama, P. M., Pérez, M. E. V., y Manjarrez, V. P. (2011). Incendios forestales y degradación de los ecosistemas terrestres: impactos locales y emisiones globales. Exploración de la situación en el Estado de México. *Revista Geográfica de América Central*, 2, 1-21.
- Higgs, E., Falk, DA, Guerrini, A., Hall, M., Harris, J., Hobbs, RJ, ... y Throop, W. (2014). El papel cambiante de la historia en la ecología de la restauración. *Fronteras en Ecología y Medio Ambiente*, 12 (9), 499-506.
- Hobbs, RJ (2007). Establecer objetivos de restauración eficaces y realistas: direcciones clave para la investigación. *Ecología de Restauración*. 15 (2), 354-357.
- Hobbs, R. J. (2016). Degraded or just different? Perceptions and value judgements in restoration decisions. *Restoration Ecology*, 24(2), 153-158.
- León Yáñez, S. D. C., Ulloa Ulloa, M. D. C., & Navarrete Zambrano, H. G. (2012). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*.
- Maass, M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. *SEMARNAT/US Fish y Wildlife Service, UNAM, CONABIO, México p, 117-135*.
- Márquez-Huitzil, R. (2005). Fundamentos teóricos y convenciones para la restauración ecológica: Aplicación de conceptos y teorías a la resolución de problemas en restauración. *Sánchez O, Peters E, Márquez-Huitzil R, Vega E, Portales G, Valdez M, Azuara D, editors. Temas sobre restauración ecológica. México DF: Instituto Nacional de Ecología. p, 159-168*

- Martínez Ramos, M., & García Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, Sup (80), 69-84
<https://doi.org/10.17129/botsci.1758>
- Medina Valdovinos, E. K., Mancilla Villa, O. R., Larios, M. M., Guevara Gutiérrez, R. D., Olguín López, J. L., & Barreto García, O. A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. *Idesia (Arica)*, 34(6), 51-59.
- Medina, K. (2023). *Estudio del Banco de semillas del suelo en el ecosistema matorral del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja] Repositorio Digital-Universidad Nacional de Loja
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/27450>
- Mendoza, Z. A. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. *Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador*, 37(6), 82.
- Meli, P., Ruiz, L., Aguilar, R., Rabasa, A., Rey-Benayas, J. M., & Carabias, J. (2017). Bosques ribereños del trópico húmedo de México: un caso de estudio y aspectos críticos para una restauración exitosa. *Madera y bosques*, 23(1), 181-193.
- Ministerio del Ambiente. (2019). Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 -2030. Quito - Ecuador.
- Moreno Ramón, H., Gisbert Blanquer, J.M., y Ibañez Asensio, S. (2010). El color del suelo.
- Muñoz, J., Cuenca, H., Muñoz-Chamba, L., & Aguirre, Z. (2022). Identificación de tipos funcionales de plantas en el bosque andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 1-12.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1618>
- Muñoz, J., Mocha, J., Quichimbo, L., Muñoz, L., & Aguirre, Z., (2021). Composición florística del banco de semillas del suelo en el Bosque Montano del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" de la ciudad de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 113-127.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/880>
- Muñoz Chamba, L. F., Ulloa, E., Muñoz, J., & Aguirre, Z. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 13-25.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1616>
- 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>
- Norris, K., 2012. Biodiversity in the Context of Ecosystem Services: The Applied Need for Systems Approaches. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 367 (1586):191-199. In: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2011.0176>
- Oesterheld, Martín. (2008). Impacto de la agricultura en los ecosistemas: Bases ecológicas y problemas más relevantes en Argentina. *Ecología austral*, 18 (3), 337-346.
<https://lc.cx/IOgTnU>
- Otero, L., Sastriquez, F. O., & Morales, M. (1998). Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de vertisoles de la provincia Granma. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 189-194.
- Paruelo, J.M. (2008). La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. *Ecosistemas*, 17 (3).
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/83>
- Parra Rondinel, F., Torres Guevara, J., y Ceroni Stuva, A. (2004). Composición florística y vegetación de una microcuenca andina: El Pachachaca (Huancavelica). *Ecología Aplicada*, 3 (1- 2), 9-16.
- Peña-Becerril, J. C., Monroy-Ata, A., Álvarez-Sánchez, F. J., y Orozco-Almanza, M. S. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2), 91-98.
- Pérez-Salicrup, D. R. (2005). La restauración en relación con el uso extractivo de recursos bióticos. *Temas sobre restauración ecológica*, 79-86.
- Poorter, L., Amissah, L., Bongers, F., Hordijk, I., Kok, J., Laurance, S. G., ... y van der Sande, M. T. (2023). Successional theories. *Biological Reviews*, 98(6), 2049-2077
- Portuguez, P., Rodríguez-Ruiz, A. M., Murillo, F. H., & Lutz, M. I. G. (2020). Influencia de la sombra y la escarificación sobre la germinación de *Ischaemum rugosum* Salisb. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 781-792.
- Reguerín, L.A. (2004). Edafología para la agricultura y el medio ambiente.
- Reis, A., Bechara, F. C., y Tres, D. R. (2010). Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola*, 67, 244-250.
- Reis, A., y Tres, D. R. (2007). Recuperación de áreas degradadas: La función de la nucleación. *Seminario Internacional de Restauración Ecológica*, 2.

- Romero, M. P., Santamaría, D.M., & Zafra, C.A. 2009. Bioengineering and soil: microbiological abundance, ph and electrical conductivity under three strates of erosion. *Umbral Científico*. (15), 67-74.
- Sabattini, J. A., & Sabattini, R. A. (2018). Sucesión vegetal y restauración ecológica. *Revista científica agropecuaria*, 22(1-2), 31-53.
- Sabogal, C., Besacier, C., y McGuire, D. (2015). Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución. *Unasylva*, 66(245), 3-10.
- Sánchez, J. (2021). *Banco de semillas del suelo en el páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), Loja, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja] Repositorio Digital-Universidad Nacional de Loja <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24064>
- Sánchez, O. (2005). Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. *Temas sobre la restauración ecológica* 15-29.
- Sanchún, A., Botero, R. Morera, A., Obando, G., Russo, R., Scholz, C., y Spinola, M. (2016) Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas. UICN, San José, Costa Rica. XIV + 436p
- Sarango-Cobos, J., Muñoz, J., Muñoz, L., & Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101-114.
- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990- 2010. *Y un acercamiento a los próximos*, 10, 57.
- Sierra-Parra, A.M., Delgado-Rodríguez, D., Villalobos-Soto, R., Herrera-Martínez, C. G., Gutiérrez, M., & Quijano-Prieto, N. (2021). Estrategias de restauración activa en área de potrero del corredor biológico Rincón-Cacao, Costa Rica: Estado de la biodiversidad vegetal 20 años después de su implementación. *Serie Técnica. Informe Técnico*.
- Silva, V. (2011). Avaliação da transposição do banco de sementes do solo entre fragmentos florestais em diferentes estágios sucessionais [Tesis de grado, Universidad Federal Rural do Rio de Janeiro]. <http://devrima.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/5407/1/Vinicius.pdf>
- Thompson, I, Guariguata, M, Okabe, K., Bahamondez, C., Nasi, R., Heymell, V. y Sabogal, C. (2013). Un marco operativo para definir y monitorear la degradación forestal. *Ecología y sociedad*, 18 (2).
- Tillaguango-Pintado, J., Muñoz-Chamba, L., Muñoz, J., & Aguirre, Z. (2023). Caracterización poblacional de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon y su vegetación asociada al

- páramo antrópico del sur del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 20 (47), 16-25.
- Torre, L. D. (2008). *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador*.
- Trabaud, L., (1998). Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados. *Serie Geografía*, 7, 37-47.
- Tres, D & Reis, A. (2007). La nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad del paisaje. <https://lc.cx/y5fVxh>
- Trinidad-Santos, A. (2016). Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*, 9 (8). <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/802>
- Vanegas-López, M. (2016). Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. *Informe final dentro del proyecto GRF*, 89333.
- Vargas Ríos, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221-246.
- Viapiana, J., Cielo-Filho, R., & Camara, C. D. (2019). Evaluation and characterization of passive restoration of an Atlantic forest tree community with focus on the understory. *Tropical Ecology*, 60, 140-149.
- Villate-Suárez, C. A., & Cortés-Pérez, F. (2018). Las perchas para aves como estrategia de restauración en la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 42(164), 202–211. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.625>

11. Anexos

Anexo 1. Diversidad por familia.

Familia	N de individuos por familia	diversidad por familia
Lamiaceae	66	0,24
Asteraceae	63	0,23
Melastomataceae	41	0,15
Ericaceae	22	0,08
Myrsinaceae	21	0,08
Adoxaceae	19	0,07
Sapotaceae	12	0,04
Myrtaceae	10	0,04
Pinaceae	9	0,03
Clethraceae	3	0,01
Rhamnaceae	3	0,01
Betulaceae	2	0,01
Escalloniaceae	2	0,01
Hypericaceae	2	0,01
Myricaceae	1	0,00

Anexo 2. Diversidad por género.

Género	N de individuos por genero	diversidad por género
<i>Baccharis</i>	48	0,17
<i>Clinopodium</i>	33	0,12
<i>Lepechinia</i>	33	0,12
<i>Tibouchina</i>	24	0,09
<i>Myrsine</i>	21	0,08
<i>Gaultheria</i>	20	0,07
<i>Viburnum</i>	19	0,07
<i>Huberia</i>	15	0,05
<i>Eucalyptus</i>	10	0,04
<i>Sideroxylon</i>	10	0,04
<i>Pinus</i>	9	0,03
<i>Ageratina</i>	7	0,03
<i>Gynoxys</i>	5	0,02
<i>Cletra</i>	3	0,01
<i>Frangula</i>	3	0,01
<i>Alnus</i>	2	0,01
<i>Escallonia</i>	2	0,01
<i>Munnozia</i>	2	0,01
<i>Pouteria</i>	2	0,01
<i>Vaccinium</i>	2	0,01
<i>Vismia</i>	2	0,01
<i>Brachyotum</i>	1	0,00
<i>Cronquistiantus</i>	1	0,00
<i>Morella</i>	1	0,00
<i>Stevia</i>	1	0,00

Anexo 3. Índice de valor de importancia simplificado para todas las especies arbustivas.

Especie	Abundancia	Densidad ind/ha	Densidad relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	IVI (%)
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling.	33	1875	13,81	6	13,64	13,72
<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn.	24	1364	10,04	6	13,64	11,84
<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Govaerts	33	1875	13,81	4	9,09	11,45
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	30	1705	12,55	1	2,27	7,41
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly.	21	1193	8,79	2	4,55	6,67
<i>Huberia peruviana</i> Cogn.	15	852	6,28	2	4,55	5,41
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	8	455	3,35	3	6,82	5,08
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth.	10	568	4,18	2	4,55	4,36
<i>Ageratina dendroides</i> King & H.Rob.	7	398	2,93	2	4,55	3,74
<i>Viburnum</i> sp.	10	568	4,18	1	2,27	3,23
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	10	568	4,18	1	2,27	3,23
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D. Penn.	10	568	4,18	1	2,27	3,23
<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana	2	114	0,84	2	4,55	2,69
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	6	341	2,51	1	2,27	2,39
<i>Gynoxys nitida</i> Muschl.	4	227	1,67	1	2,27	1,97
<i>Frangula granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Grubov.	3	170	1,26	1	2,27	1,76
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	2	114	0,84	1	2,27	1,55
<i>Gaultheria foliolosa</i> Benth.	2	114	0,84	1	2,27	1,55
<i>Vaccinium meridionale</i> Sw.	2	114	0,84	1	2,27	1,55
<i>Escallonia peniculata</i> (Ruiz & Pav.) Roem. & Schult.	2	114	0,84	1	2,27	1,55
<i>Pouteria reticulata</i> (Engl.) Eyma.	2	114	0,84	1	2,27	1,55
<i>Baccharis genistifolia</i> DC.	1	57	0,42	1	2,27	1,35
<i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	1	57	0,42	1	2,27	1,35
<i>Stevia andina</i> B.L.Rob.	1	57	0,42	1	2,27	1,35
TOTAL	239		100,00	44	100,000	

Anexo 4. Registro de las actividades realizadas. **a)** elaboración de las parcelas; **b)** caracterización del área de estudio; **c)** identificación de especies; **d)** división de la parcela; **e)** transposiciones de suelo **f)** monitoreo de las transposiciones de suelo; **g)** toma de muestras de suelo; **h)** elaboración de la calicata; **i)** análisis de suelo.

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 
<p>d)</p> 	<p>e)</p> 	<p>f)</p> 
<p>g)</p> 	<p>h)</p> 	<p>i)</p> 

Anexo 5. Especies identificadas en las transposiciones de suelo. **a)** *Passiflora* sp.; **b)** *Solanum* sp.; **c)** *Rubus* sp.; **d)** *Palicourea amethystina*; **e)** *Siparuna muricata*; **f)** *Pappobolus* sp.; **g)** *Alnus* sp.; **h)** *Viola arguta*; **i)** *Phytolacca bogotensis*; **j)** *Spermacose* sp.; **k)** *Munnozia senecionidis*; **l)** *Verbesina pentantha*; **m)** *Blechnum occidentale*; **n)** *Smilax* sp.; **o)** *Phenax* sp; **p)** *Hedyosmum scabrum*; **q)** *Nectandra laurel*; **r)** *Conyza* sp.; **s)** *Bidens* sp.; **t)** *Colignonia scandens*.



English Speak Up Center

Nosotros "*English Speak Up Center*"

CERTIFICAMOS que

La traducción del resumen de Trabajo de Integración Curricular titulado "Transposición de suelos en la recuperación inicial de la vegetación en un área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro" documento adjunto solicitado por la señorita María Teresa Saabedra Jiménez con cédula de ciudadanía número 1104975824 ha sido realizada por el Centro Particular de Enseñanza de Idiomas "*English Speak Up Center*"

Esta es una traducción textual del documento adjunto. El traductor es competente y autorizado para realizar traducciones.

Loja, 24 de octubre de 2024


Mg. Sc. Elizabeth Sánchez Burneo
DIRECTORA ACADÉMICA
Perito Intérprete Traductor
inglés-español / español-inglés
Consejo de la Judicatura
N° calificación: 12311825

DIRECCION: SUCRE 207-46 ENTRE AZUAY Y MIGUEL RIOFRIO

TELÉFONO: 099 5263 264