



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Evaluación preliminar de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniero Forestal

AUTOR:

Angel Alcivar Vera Abad

DIRECTOR:

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

Loja- Ecuador

2024

Certificación

Loja, 4 de marzo de 2024

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluación preliminar de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario "Francisco Vivar Castro"**, previa a la obtención del título de Ingeniero Forestal, de autoría del estudiante **Angel Alcivar Vera Abad**, con **cédula de identidad Nro. 1150492682**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Angel Alcivar Vera Abad**, declaro ser autor 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 del Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de Identidad: 1150492682

Fecha: 10 de septiembre de 2024

Correo electrónico: angel.vera@unl.edu.ec

Celular: 0960610228

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

Yo **Angel Alcivar Vera Abad**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Evaluación preliminar de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario "Francisco Vivar Castro"**, como requisito para optar el título de **Ingeniero 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 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, suscribo, en la ciudad de Loja, a los diez días del mes de septiembre de dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Angel Alcivar Vera Abad

Cédula: 1150492682

Dirección: Av. Isidro Ayora

Correo electrónico: angel.vera@unl.edu.ec

Celular: 0960610228

DATOS COPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

Dedico primero a Dios padre todopoderoso y a su intercesora la virgen María del Cisne; por haberme brindado salud, sabiduría, esperanza, fortaleza; además de su compañía en esta larga travesía para cumplir con mi tan anhelado objetivo.

A mis dos seres amados, mis padres Eufemia Abad y Alcívar Vera, a mis hermanos, quienes dedicaron muy altos sacrificios para brindarme una educación de calidad, además les agradezco por estar a mi lado, velando siempre por mi bienestar, transmitiéndome sus consejos y valores; por darme su amor incondicional y el ánimo necesario para sobresalir de los momentos difíciles.

De igual forma a mi familia quienes respaldaron mis estudios desde un principio, con sus arduos sacrificios realizados con el fin de otorgarme una oportunidad para cursar una carrera universitaria; a mis amigos en especial a Wilson Yanza y Deysy Ordóñez y demás conocidos por brindarme sus consejos y palabras de fortaleza.

Finalmente, a mis docentes quienes mediante su enseñanza académica mejoraron mis conocimientos, y gracias a su experiencia me transmitieron las herramientas necesarias para convertirme en un líder, con la capacidad para provocar un cambio en el desarrollo de la sociedad, a todos ellos les debo todo cuanto soy y lo que llegare a ser.

Angel Alcivar Vera Abad

Agradecimiento

Al haber concluido el presente Trabajo de Integración Curricular, expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, quien me abrió las puertas de tan prestigiosa institución para mi formación académica y profesional con sólidos conocimientos humanistas, científico - técnicos permitiéndome alcanzar de esta forma un objetivo más en mi vida.

De manera especial a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, al director de la carrera Ing. Johana Muñoz Chamba, Mg, Sc. y a toda la planta docente de la carrera de Ingeniería Forestal por haberme brindado tantas oportunidades y guiarme hacia el éxito para la culminación de mi carrera universitaria.

A mi Director, Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg, Sc. quien me brindó sus conocimientos, confianza, afecto y amistad guiándome en todo momento en el desarrollo del presente Trabajo de Integración Curricular.

Angel Alcivar Vera Abad

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índices de contenidos	vii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Restauración ecológica.....	6
4.2. Objetivo de la restauración ecológica	6
4.3. Estrategias de restauración ecológica.....	6
4.3.1. Restauración pasiva.....	6
4.3.2. Restauración activa	7
4.4. Métodos de restauración ecológica	7
4.4.1. Manejo de regeneración natural	7
4.4.2. Técnicas de nucleación.....	7
4.4.3. Erradicación de especies invasoras	8
4.4.4. Reforestación.....	9

4.4.5.	Introducción de especies vegetales	9
4.4.6.	Corredor biológico	9
4.5.	Impacto de las técnicas de restauración en ecosistemas	9
4.6.	Actividades agrícolas	10
4.6.1.	Degradación de ecosistemas por la agricultura	10
4.6.2.	Impacto de la agricultura en los ecosistemas	11
4.6.3.	Especies pioneras que aparecen después de la agricultura.....	11
4.7.	Investigaciones realizadas sobre restauración de ecosistemas	12
5.	Metodología	13
5.1.	Área de estudio.....	13
5.2.	Características biofísicas del parque universitario	14
5.3.	Diseño de muestreo e instalación de parcelas	14
5.4.	Metodología para caracterizar la diversidad y composición florística presente en un área abandonada por actividades agrícolas	15
5.4.1.	Composición florística	15
5.4.2.	Diversidad florística	15
5.4.3.	Curva rango-abundancia	17
5.4.4.	Estructura de la vegetación	17
5.5.	Metodología para determinar el efecto de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonadas por actividades agrícolas	18
5.5.1.	Tratamientos aplicados.....	18
5.5.2.	Diseño de muestreo y distribución de las unidades experimentales	19
5.5.3.	Registro de información	19
5.6.	Análisis de la información.....	20
6.	Resultados	21
6.1.	Caracterización de la diversidad y composición florística de un área abandonada por actividades agrícolas	21
6.1.1.	Composición florística	21

6.1.2.	Diversidad florística	22
6.1.3.	Parámetros estructurales.....	23
6.2.	Efecto de las técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonas por actividades agrícolas	26
6.2.1.	Composición florística	26
6.2.2.	Diversidad florística	31
7.	Discusión	35
7.1.	Caracterización de la diversidad y composición florística de un área abandonada por actividades agrícolas	35
7.2.	Efecto de las técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonadas por actividades agrícolas	36
8.	Conclusiones	40
9.	Recomendaciones	41
10.	Bibliografía	42
11.	Anexos	50

Índice de tablas

Tabla 1. Hoja de campo para registro de árboles y arbustos en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	15
Tabla 2. Hoja de campo para registro de hierbas en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” _____	15
Tabla 3. Rangos de interpretación del índice de Shannon. _____	16
Tabla 4. Significancia de los valores del índice de Pielow. _____	16
Tabla 5. Fórmulas para determinar la estructura de la vegetación en el área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	17
Tabla 6. Fórmula e interpretación del modelo estadístico. _____	19
Tabla 7. Caracterización de la diversidad y composición florística de árbol y arbustos en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	21
Tabla 8. Caracterización de la diversidad y composición florística de hierbas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	22
Tabla 9. Parámetros de diversidad florística en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	23
Tabla 10. Composición florística del estrato arbustivo y arbóreo por tipo de tratamiento en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	26
Tabla 11. Comparación de las abundancias del estrato arbustivo por tipo de tratamiento y testigo, entre las mediciones uno y dos. _____	27
Tabla 12. Composición florística del estrato herbáceo por tipo de tratamiento y testigo, en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	29
Tabla 13. Comparación de la cobertura promedio del estrato herbáceo por tipo de tratamiento y testigo, entre las mediciones uno y dos. _____	30
Tabla 14. Parámetros de diversidad florística de la vegetación arbustiva por tratamientos y testigo en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	32
Tabla 15. Parámetros de diversidad florística de la vegetación herbácea para los tratamientos y testigo en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	32

Índice de figuras

Figura 1. Mapa base del parque universitario “Francisco Vivar Castro” y localización de las parcelas permanentes en áreas de restauración pasiva _____	13
Figura 2. Diseño de las parcelas de muestreo para caracterizar la diversidad y composición florística en el área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	14
Figura 3. Distribución de las unidades experimentales en el área abandonada por actividades agropecuarias en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	19
Figura 4. Curva del Rango abundancia de arbustos y herbáceas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	23
Figura 5. Índice de valor de importancia de las especies herbáceas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	24
Figura 6. Índice de valor de importancia de las especies arbustivas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	25
Figura 7. Prueba estadística multivariada NMDS para la composición florística de arbustos, por tratamientos y testigo, de las áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	28
Figura 8. Prueba estadística multivariada NMDS para la composición florística de hierbas entre los tratamientos y testigo, en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	31
Figura 9. Comparación de medias de los tratamientos T1, T2 y el testigo para las variables abundancia, riqueza específica, índice de Shannon e índice de Pielou en el componente arbustivo. _____	33
Figura 10. Comparación de medias de los tratamientos T1, T2 y el testigo para las variables abundancia, riqueza específica, índice de Shannon e índice de Pielou en el componente herbáceo. _____	34

Índice de anexos:

Anexo 1. Registro de la composición florística áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	50
Anexo 2. Riqueza específica estimada con curvas de acumulación de especies para arbustos y hierbas identificadas en áreas abandonadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	52
Anexo 3. Procedimiento para el cálculo de índice de Shannon. _____	53
Anexo 4. Valores de los parámetros estructurales por especie herbácea en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	54
Anexo 5. Valores de los parámetros estructurales por especie arbustiva en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	54
Anexo 6. Registro final de la composición florística áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. _____	55
Anexo 7. Certificado de traducción del resumen del Trabajo de Integración. _____	58

1. Título

Evaluación preliminar de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”

2. Resumen

El desarrollo de actividades agrícolas implica la pérdida de cobertura vegetal nativa y degradación de la tierra por una serie de actividades antrópicas realizadas durante su ejecución. El presente estudio tuvo como objetivo contribuir al conocimiento de la restauración de ecosistemas mediante la evaluación preliminar de la implementación de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas degradadas por agricultura. El estudio se realizó en un área ubicada en la parte media alta del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. Para esto se establecieron 15 parcelas de 2×2 m, donde se levantó información florística; y, posteriormente se aplicaron tres tratamientos que fueron: la erradicación mecánica de especies invasoras (T1) como *Pteridium esculentum* y pasto (*Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* y *Melinis minutiflora*), transposición de suelos (T2) utilizando 15 muestras del suelo del ecosistema de referencia (bosque), cada una con dimensiones de $40 \times 40 \times 10$ cm, instaladas en forma de núcleo con un número de tres por parcela de 2×2 m y testigo (T3) grupo de control. Estos tratamientos fueron aplicados de manera aleatoria en el sitio de estudio. Antes de la aplicación de los tratamientos, la vegetación estuvo compuesta por un total de 29 especies y 20 familias (17 herbáceas, 11 arbustivas y un árbol). Posterior a la aplicación de los tratamientos, durante un monitoreo de 6 meses, se registraron en total 38 especies y 25 familias. El tratamiento T1 mostró una disminución en la riqueza específica promedio de arbustos y una reducción en la abundancia de hierbas y arbustos, afectándose principalmente especies como *Arcytophyllum setosum*, *Gaultheria reticulata* y *Viburnum triphyllum* con cero individuos al final del periodo de evaluación. En contraste, en el tratamiento T2 se registró un aumento en la riqueza específica promedio y disminución en abundancia, se identificó nueve especies nuevas para el estrato herbáceo como *Galium* sp, *Oxalis* sp, *Thunbergia alata*, *Phytolacca bogotensis*, *Hydrocotyle leucocephala*, *Gamochaeta* sp, *Dennstaedtiaceae* sp, *Spermacoce tenuior* y un arbusto Rubiaceae sp. La aplicación de los tratamientos tuvo impactos diferentes en la riqueza y abundancias para los estratos arbustivos y herbáceos, destacando el aporte en la riqueza de especies realizado mediante el tratamiento T2, lo que sugiere como una técnica favorable en la recuperación de la composición y diversidad de ecosistemas alterados por actividades agrícolas.

Palabras claves: ecosistema de referencia, especies invasivas, restauración ecológica, sistemas productivos, sucesión natural.

Abstract

The development of agricultural activities implies the loss of native vegetation cover and land degradation due to a series of anthropic activities carried out during its execution. The objective of this study was to contribute to the knowledge of ecosystem restoration through the preliminary evaluation of the implementation of active restoration techniques in the diversity and floristic composition of areas degraded by agriculture. The study was carried out in an area located in the upper middle part of the “Francisco Vivar Castro” University Park. For this purpose, 15 plots of 2 × 2 m were established, where floristic information was collected; and, subsequently, three treatments were applied, which were: mechanical eradication of invasive species (T1) such as *Pteridium esculentum* and grass (*Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* and *Melinis minutiflora*), soil transposition (T2) using 15 soil samples from the reference ecosystem (forest), each with dimensions of 40 × 40 × 10 cm, installed as a nucleus with a number of three per plot of 2 × 2 m and control (T3) control group. These treatments were applied randomly at the study site. Before the application of the treatments, the vegetation was composed of a total of 29 species and 20 families (17 herbaceous, 11 shrubs and one tree). After the application of the treatments, during a 6-month monitoring period, a total of 38 species and 25 families were recorded. Treatment T1 showed a decrease in the average specific richness of shrubs and a reduction in the abundance of herbs and shrubs, mainly affecting species such as *Arcytophyllum setosum*, *Gaultheria reticulata* and *Viburnum triphyllum* with zero individuals at the end of the evaluation period. In contrast, in the T2 treatment there was an increase in the average specific richness and a decrease in abundance, nine new species were identified for the herbaceous stratum such as *Galium* sp, *Oxalis* sp, *Thunbergia alata*, *Phytolacca bogotensis*, *Hydrocotyle leucocephala*, *Gamochaeta* sp, *Dennstaedtiaceae* sp, *Spermacoce tenuior* and a shrub *Rubiaceae* sp. The application of the treatments had different impacts on the richness and abundances for the shrub and herbaceous strata, highlighting the contribution in species richness made by treatment T2, which suggests as a favorable technique in the recovery of the composition and diversity of ecosystems altered by agricultural activities.

Key words: reference ecosystem, invasive species, ecological restoration, productive systems, natural succession.

3. Introducción

La restauración ecológica se basa en la aplicación de procedimientos para reparar ecosistemas degradados por actividades humanas (Aguirre et al., 2013), con la finalidad de acelerar la recuperación total o parcial de un ecosistema en término de salud, integridad y sostenibilidad (SER, 2004), tanto como sea posible a la trayectoria original (Sánchez y Peters, 2005).

Las actividades antrópicas, principalmente agrícolas y ganaderas, afectan a los ecosistemas naturales (Rey et al., 2008), han transformado cerca del 40 % de ecosistemas naturales a tierras agrícolas (FAO, 2011) y provocando una reducción de la biodiversidad mundial por conversión de uso de suelo y causando la fragmentación de los bosques (Tscharntke et al., 2012).

Combinar actividades agrícolas con la conservación de la biodiversidad es una tarea crucial (FAO, 2008), más aún cuando se conoce que existe un conflicto constante e irreconciliable entre la agricultura y los bosques (Rey et al., 2008); por lo que la restauración de tierras agrícolas debe ser una actividad sostenible, realizada cuidadosamente para que no genere impactos negativos hacia los cultivos y la gente.

En este punto, la restauración influye en la recuperación de la estructura, función, diversidad y dinámica de los ecosistemas (Rey et al., 2008); en especial, la restauración activa que, por medio de actividades busca la formación de núcleos para acelerar la sucesión natural, entre las que están la transposición de suelo, lluvia de semillas, madrigueras, perchas, plantaciones de alta densidad y barreras de retención de suelo (Soto et al., 2023).

Los beneficios de la restauración activa, por ejemplo, la revegetación, ha demostrado la recuperación del suelo por aumento del contenido de materia orgánica, la facilitación de especies nativas y el recambio de especies que ha dado paso a la activación de la sucesión natural (Navas et al., 2021). Sin embargo, son muchos los desafíos por delante, entre los que destacan la gestión de recursos limitados, la complejidad de los sistemas naturales y la necesidad de considerar factores sociales y económicos (Keenleyside et al., 2014). Además, la eficacia a largo plazo de los esfuerzos de restauración activa a menudo depende de la colaboración entre actores y del compromiso continuo con la gestión sostenible del ecosistema restaurado (Bustamante et al., 2018).

En la región sur de Ecuador, los estudios sobre la restauración son relativamente nuevos (González et al., 2017), aunque en los últimos años estos se han incrementado. Un caso particular es el parque universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), donde se ha investigado sobre la sucesión de la regeneración natural en matorral andino y páramo antrópico afectado por un incendio

forestal en el año 2017 (Muñoz-Chamba et al., 2022), estudios de sucesión bajo plantaciones forestales (Aguirre et al., 2023); así como, el monitoreo de un ensayo de restauración activa en el matorral andino (González et al., 2023). Es por esto, que el PUFVC al ser un remanente de vegetación de la hoya de Loja y en donde se ha identificado áreas que fueron utilizadas para actividades agrícolas, surgiendo la necesidad de experimentar con técnicas de restauración activa la recuperación de la vegetación nativa de estos espacios, por lo que se han planteado las preguntas de investigación a) ¿Cómo está constituida la vegetación, tanto en diversidad y composición florística, de áreas degradadas por actividades agrícolas en el PUFVC? y b) ¿Cuál es el impacto de las técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonadas por actividades agrícolas en el PUFVC?. Los objetivos de investigación propuestos fueron:

Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la restauración de ecosistemas mediante la evaluación preliminar de la implementación de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas degradadas por agricultura en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Objetivos específicos

- Caracterizar la diversidad y composición florística presente en un área abandonada por actividades agrícolas
- Determinar el efecto de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonadas por actividades agrícolas.

4. Marco teórico

4.1. Restauración ecológica

La restauración ecológica consiste en la aplicación de procedimientos para restaurar ecosistemas degradados, dañados y/o destruidos por la actividad humana o eventos naturales (SER, 2004). Se trata de un enfoque activo y estratégico para mejorar la biodiversidad y la salud ambiental, es un enfoque práctico que incluye varios métodos para analizar y mejorar estos ecosistemas (BIZKAIA, 2015).

Por lo tanto, la restauración ecológica también implica cambios en la cobertura y uso del suelo, por lo que es fundamental que sus actividades incluyan una evaluación de éxito o fracaso de la búsqueda de soluciones ambientales efectivas y así poder tomar acciones correctivas oportunas (Meli, 2003).

4.2. Objetivo de la restauración ecológica

El objetivo de este proceso es simular la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema particular que se está restaurando (Vargas-Ríos y Mora, 2008). Hay tres formas principales de restaurar un área degradada: recuperarla volviendo a cubrir la vegetación con especies adecuadas, rehabilitar una función del ecosistema y restaurarla a través del restablecimiento original de plantas y animales con la misma población que antes (MAE-CEPP, 2016).

Además, la restauración permite restablecer los procesos ecológicos y las funciones ecosistémicas básicas. Estos servicios incluyen filtración de aire y agua, polinización de cultivos, control de inundaciones y regulaciones del clima (Hernández-Gómez y Cantillo-Higuera, 2018).

4.3. Estrategias de restauración ecológica

Las estrategias de restauración ecológica consisten en la aplicación de técnicas y métodos destinadas a cumplir con los objetivos de restauración planteados (Aguirre et al., 2013), por lo tanto es necesario desarrollar estrategias que pueden ser utilizadas de manera independiente y en conjunto para la obtención de resultados favorables (Vargas, 2007). Se conocen dos tipos de restauración ecológica que son: pasiva y activa.

4.3.1. Restauración pasiva

Consiste en restaurar los ecosistemas mediante una mínima intervención humana permitiendo que la naturaleza siga el camino natural de renovación sin el uso de métodos e

intervenciones agresivas, es seguro que los procesos naturales, como la sucesión ecológica, conducirán a la recuperación de los ecosistemas afectados (Lamb y Gilmour, 2003).

4.3.2. Restauración activa

La restauración activa implica la intervención humana directa para restaurar o mejorar los ecosistemas degradados, incluyen actividades como la plantación de árboles, la restauración del hábitat, la reintroducción de especies en peligro de extinción, el manejo de cuencas y otros enfoques, el objetivo es acelerar la regeneración natural y mejorar la salud y el funcionamiento de los ecosistemas (Jane et al., 2021).

4.4. Métodos de restauración ecológica

4.4.1. Manejo de regeneración natural

El manejo de regeneración natural se refiere a las prácticas y estrategias utilizadas para gestionar y apoyar el crecimiento y desarrollo natural de la vegetación en un área (Guariguata, 1998). Se utiliza en el contexto de la gestión forestal y ambiental (Viana et al., 2002).

Si bien en algunos contextos inicialmente puede estar claro que áreas requieren medidas correctivas, en otros casos será necesario identificarlas y priorizarlas. Es necesario analizar la posibilidad de implementar acciones, lo que dependerá tanto de la capacidad técnica y recursos de los implementadores tomando en cuenta el tipo y grado de disturbio (Proaño y Nina, 2018).

4.4.2. Técnicas de nucleación

Son estrategias que consiste en plantar islas de árboles para acelerar la recuperación de los bosques naturales (Reis et al., 2010) la función es crear un hábitat para los dispersores de semillas, creando sombra para evitar el crecimiento de especies heliófitas y así ayudar al crecimiento de árboles (Jane et al., 2021).

4.4.2.1. Transposición de suelos

Es la colocación de sustratos de bosques protegidos, adyacente al área de estudio inicial, es el proceso de nucleación del sitio mediante la transferencia de las propiedades fisicoquímicas del suelo, la materia orgánica, los microorganismos y la biomasa (Sandoval et al., 2022), mover la capa superior del suelo de bosques antiguos sanos a áreas severamente degradadas puede mejorar las condiciones, ambientales y, en última instancia, conducir a una sucesión forestal autocurativa (Douterlungnea et al., 2018).

4.4.2.2. Grupos de Anderson

Es la noción de que una unidad de plantación consistía en un conjunto de plantas en lugar de una sola, y que estas unidades debían distribuirse con suficiente espacio entre ellas para que gran parte del área entre las unidades permaneciera sin plantar hasta que las plantas alcanzaron la madurez. Se observan variaciones en la cantidad de plantas originales por unidad, la composición de la unidad, las distancias internas entre las plantas dentro de las unidades, las distancias entre las propias unidades y la combinación de especies (Wadsworth, 2000).

4.4.2.3. Siembra directa de semillas

La siembra directa consiste en plantar sin preparación previa ni posterior a la labranza utilizando equipos de siembra que deben ser capaces de cortar la capa superior del suelo, abrir una pequeña franja de tierra cultivable, plantar la semilla en el medio y cerrar la ranura abierta (Lorenzatti, 2017).

La regeneración activa incluye prácticas de manejo como plantación, siembra, eliminación de malezas, quema y control de herbívoros (Rey et al., 2008). En ocasiones, la capacidad de regeneración natural de una zona puede ser suficiente en cantidad pero no necesariamente en calidad. En tales casos, la densidad de especies con valor social o ecológico se puede aumentar mediante la siembra directa o la replantación de especies importantes que aumenten el valor social o ecológico de una localidad, ecosistema o paisaje (SERFOR, 2018).

4.4.3. Erradicación de especies invasoras

Según el FIAS (2018), el riesgo de introducción y propagación de especies invasoras es una de las principales amenazas a la biodiversidad, pueden causar daños tanto ambientales como económicos, además pueden influir directamente en las plantas del lugar, convirtiéndose en monopolistas o donantes de recursos limitados (Palma-Ordaz y Delgadillo-Rodríguez, 2014).

La eliminación de plantas invasoras en la restauración implica el uso de medidas y estrategias específicas para eliminar o reducir significativamente la presencia de plantas invasoras en un ecosistema, área geográfica o entorno determinado de hábitat natural. Las plantas invasoras son plantas introducidas en el medio ambiente de forma antinatural que pueden propagarse rápidamente y desplazar a las especies nativas, alterando así el equilibrio ecológico (Rodríguez, 2001).

Si se detecta una especie potencialmente invasora, las medidas para minimizar los efectos adversos incluyen la erradicación, la contención y control. El objetivo de la erradicación es la eliminación completa de especies exóticas invasoras, el control tiene como objetivo reducir el

número o la densidad durante largos periodos de tiempo y la contención cuyo objetivo es limitar la propagación de especies exóticas invasoras y su aparición dentro de límites geográficos específicos (Gutiérrez- Bonilla, 2006).

4.4.4. Reforestación

Los sistemas de plantación de árboles y agroforestería restauran la vegetación en tierras perturbadas o despejadas mediante actividades de forestación, pero no remplazan los ecosistemas forestales afectados, son más eficaces para mantener la biodiversidad y las funciones ecológicas, las actividades de reforestación se realizan en terrenos que han sido previamente reforestados, es decir, que no han perdido la capacidad productiva ni su fertilidad, logrando así el desarrollo de diferentes familias y especies de plantas según diferentes combinaciones, sean o no sistemas agroforestales, plantaciones y otros lugares (Gálvez, 2002).

4.4.5. Introducción de especies vegetales

Las introducciones de especies pueden ser particularmente útiles para colonizar nuevos hábitats o alterados artificialmente (Mackinnon et al., 1986). Se tiene en cuenta la importancia y los desafíos de introducir especies a diferentes partes del mundo, con el riesgo de que se naturalicen y se conviertan en malezas, tanto para la agricultura como para el medio ambiente (Zaragoza y Del Monte, 2004).

Se debe tener cuidado en la selección de especies para su inclusión en el ecosistema a restaurar, ya que, la introducción de especies puede provocar graves impactos económicos y ambientales a la sociedad, pues, si se eliminan puede provocar una pérdida de diversidad en el ecosistema o convertirse en especies invasivas (León y Vargas, 2009).

4.4.6. Corredor biológico

Los corredores biológicos juegan un papel importante en la restauración ambiental a escala de paisaje porque permiten que las especies del área cambien su distribución geográfica y mejoren su heredabilidad logrando así reducir el impacto de la separación y aislamiento entre los hábitats de las especies y la degradación de los sistemas naturales debido a la actividad humana (Gálvez, 2002).

4.5. Impacto de las técnicas de restauración en ecosistemas

Los métodos y técnicas de restauración de ecosistemas tienen un impacto significativo en la salud y el funcionamiento del medio ambiente natural. Estos impactos pueden variar según la

escala de la restauración, el tipo de ecosistema y los métodos específicos utilizados (Márquez et al., 2019).

Experiencias de restauración en bosques de Argentina han evidenciado una recuperación ecológica de los ecosistemas utilizando como indicador de éxito la sobrevivencia principalmente en plantaciones (De Paz et al., 2019). Otro impacto significativo se dio si se aplica técnicas de restauración sobre el uso del efecto de borde evidenciando mejores resultados, ya que utiliza el potencial biológico restante de los ecosistemas naturales y optimizar el uso de los recursos locales de tierra y agua (Peña-Becerril et al., 2005).

La trasposición de suelo tiene como objetivo rescatar la micro, meso y macro fauna y flora, su función principal de este método es introducir especies pioneras para que crezcan y se reproduzcan en el núcleo, preparando el entorno para organismos que a su vez aparecerán cuando estas especies entren prematuramente en el proceso de envejecimiento y desempeñen un papel de apoyo (Reis y Tres, 2007).

Estudios realizados por Romero (2008) sobre “Efectos de algunas prácticas, solas y combinadas, para el control de Helechos *Pteridium aquilinum* en potreros”, utilizando cal complementada con herbicidas, obteniendo resultados con una efectividad del 100 %.

4.6. Actividades agrícolas

La agricultura es una de las actividades de campo básicas de toda nación y el recurso más importante que tiene el ser humano para la supervivencia, parte de la producción agrícola se consume directamente, el resto se suministra a las industrias alimentaria, textil, química o de capital (Parra et al., 1986).

Hay que reconocer que la agricultura es una actividad que puede satisfacer muchas necesidades sociales en áreas tan diversas como la protección y el mantenimiento de la biodiversidad, paisajes tradicionales, producción de alimentos, protección de una parte del patrimonio cultural de la vida del campo (Gómez et al., 2008).

4.6.1. Degradación de ecosistemas por la agricultura

La degradación de los ecosistemas es causada por factores naturales o provocados por el ser humano que causan perturbaciones o impactos en los ecosistemas y la gravedad depende de la intensidad de los factores degradantes (Parra et al., 1986). Los ecosistemas son naturalmente resilientes a las perturbaciones; es decir, tienen la capacidad de conservar sus propiedades estructurales y funcionales, pero cuando son afectados por perturbaciones, tienen la capacidad de

restaurar propiedades y regresar a su estado natural (Vásquez et al 2022). Sánchez et al (2022) manifiestan que la superficie dedicada a manejo agrícola en Ecuador en el año 1954 era de 1,77 millones de hectáreas, área que en el 2013 creció a 2,47 millones de hectáreas. Esto se complementa con la estabilidad del ecosistema, que incluye la capacidad de mantener una determinada trayectoria a pesar del estrés, lo que implica un equilibrio dinámico en lugar de estancado (Aguirre et al., 2013).

La agricultura, aunque necesaria para alimentar a la población mundial, también puede ser una causa importante de degradación de los ecosistemas. Las causas más comunes de degradación de los ecosistemas relacionadas con la agricultura incluyen deforestación, erosión del suelo, contaminación del agua y del suelo, pérdida de biodiversidad y pérdida de hábitats naturales (Domic, 2011).

4.6.2. Impacto de la agricultura en los ecosistemas

El impacto de la agricultura intensiva es devastador para el medio ambiente y las comunidades humanas provocando degradación de la tierra, el uso intensivo de sustancias tóxicas, la ocupación de la tierra y el consiguiente desplazamiento de la población (Oesterheld, 2008).

La expansión de la agricultura provoca opiniones divergentes, por un lado, determinan la inclusión de nuevas áreas de producción en el mapa agrícola del país y sus ingresos que generan (Encina y Ibarra, 2003). Por otro lado, las organizaciones conservacionistas advierten sobre amenazas a la continuidad de los ecosistemas y los grupos políticos predicen consecuencias sociales negativas (Paruelo, 2005).

La sobreexplotación de las tierras cultivables deja muchas zonas abandonadas, lo que lleva a la tala de más y más bosques; por tanto, la expansión de la frontera agrícola es un factor determinante en la formación de los desiertos de América Latina (Valencia, 2020). Para poder planificar el uso del suelo es necesario primero contar con información básica, el ritmo de expansión de las tierras agrícolas, la distribución espacial, así como los aspectos tecnológicos, económicos, sociales y políticas (Paruelo, 2005).

4.6.3. Especies pioneras que aparecen después de la agricultura

Las especies pioneras presentan una serie de características biológicas que les permiten arraigar en espacios no ocupados por vegetación leñosa: tienen una alta capacidad para colonizar nuevos ambientes a partir de semillas, son intolerantes a la sombra: no germinan y no crecen a la

sombra del área ocupada por las plantas. Las plantas maduran y se desarrollan rápidamente en lugares perturbados (González y Cadenazzi, 2015).

La sucesión ecológica se da gracias a las especies pioneras que llegan primero a los lugares inhóspitos, poseen una alta capacidad de colonización, pero baja competitividad en entornos de escasos recursos (Astillero, 2018). Las especies pioneras pueden ser: herbáceas, semileñosas y leñosas (Aguirre et al., 2019).

Cabe señalar que la presencia de estas especies pioneras no siempre es beneficiosa para la biodiversidad local, ya que muchas veces pueden desplazar a las especies nativas y cambiar la estructura del ecosistema. Además, la dinámica de las especies pioneras puede variar en diferentes regiones, dependiendo de factores como el clima, la topografía y las prácticas agrícolas específicas (González y Cadenazzi, 2015).

4.7. Investigaciones realizadas sobre restauración de ecosistemas

A lo largo de los años se han venido desarrollando diferentes tipos de técnicas que aporten con el mejoramiento y buen desarrollo de restauración en ecosistemas degradados. Existen investigaciones como la función de nucleación, en donde a través de diversas técnicas muestra que la técnica de transposición de suelo consiste en la heterogeneidad del material genético rescatando así la micro, meso y macro fauna/flora del suelo (Reis y Tres, 2007).

Urbano (2001), menciona que actualmente se deben hacer todos los esfuerzos posibles para restaurar o rehabilitar un área que ha sido alterada por la acción humana para evitar una mayor destrucción y restaurar el patrimonio natural conectado con nuestro pasado histórico y biológico.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), específicamente en áreas que anteriormente fueron utilizadas para actividades agrícolas, y que al 2023 llevan un tiempo aproximado de dos años sin intervención. El PUFVC posee una superficie de alrededor de 99,13 ha y se encuentra ubicado en la parroquia San Sebastián, cantón Loja, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 m s.n.m. (Aguirre y Yaguana, 2014) (Figura 1).

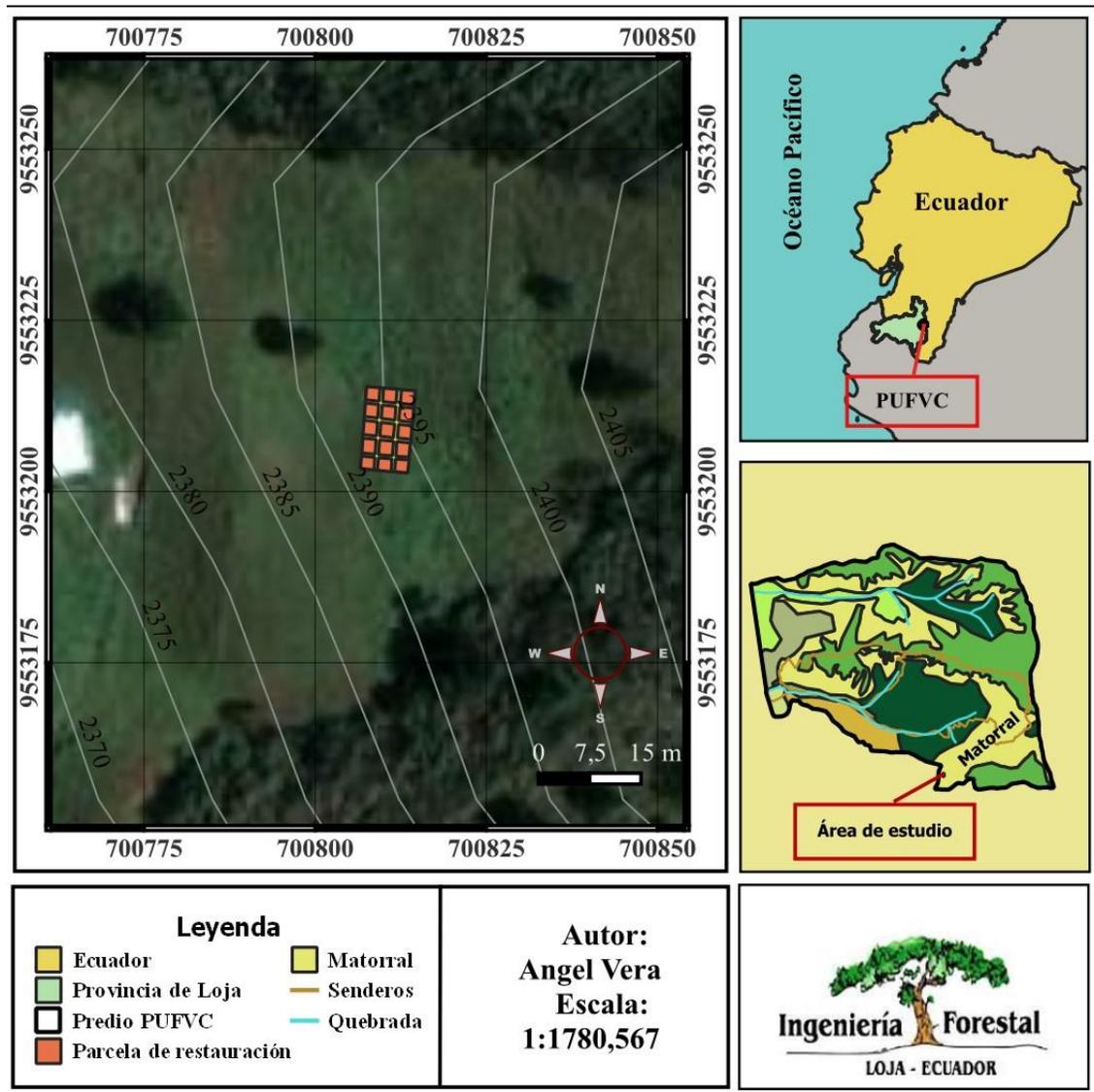


Figura 1. Mapa base del parque universitario “Francisco Vivar Castro” y localización de las parcelas permanentes en áreas abandonadas por actividades agrícolas.

El PUFVC es un espacio natural para la educación, investigación y la recreación desde 1983 (Aguirre et al., 2019). Se considera como un remanente de vegetación natural andina, conformado por diversas coberturas vegetales como el bosque andino, bosque de nogal, matorral andino y páramo antrópico, convirtiéndolo en un lugar de descubrimiento, aprendizaje y disfrute de los recursos biológicos de la región sur del Ecuador (Jaramillo et al., 2020).

5.2. Características biofísicas del parque universitario

De acuerdo con Palacios (2012), el PUFVC presenta una precipitación media anual de 955 mm/año, temperatura media anual de 16,2 °C; humedad relativa de 71,56 %, velocidad máxima y mínima del viento de 5,44 m/s y 3,64 m/s respectivamente. En cuanto al suelo, Aguirre y Yaguana (2014) mencionan que su origen de material parental de rocas metamórficas, de baja fertilidad, profundidad alrededor de 60 cm, de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso, pH ácido, con valores bajos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

5.3. Diseño de muestreo e instalación de parcelas

En las áreas abandonadas por actividades agrícolas, donde se ha activado la sucesión natural, se instalaron 15 parcelas permanentes de 2 × 2 m, distribuidas sistemáticamente a una distancia entre ellas de 50 centímetros, formando un bloque constituido por tres filas y cinco columnas (Figura 2). En cada una de las esquinas de las parcelas se colocó una varilla de 30 cm de largo y piola para la delimitación. Se priorizó un sitio con similar pendiente y homogeneidad en la estructura vertical de la vegetación.

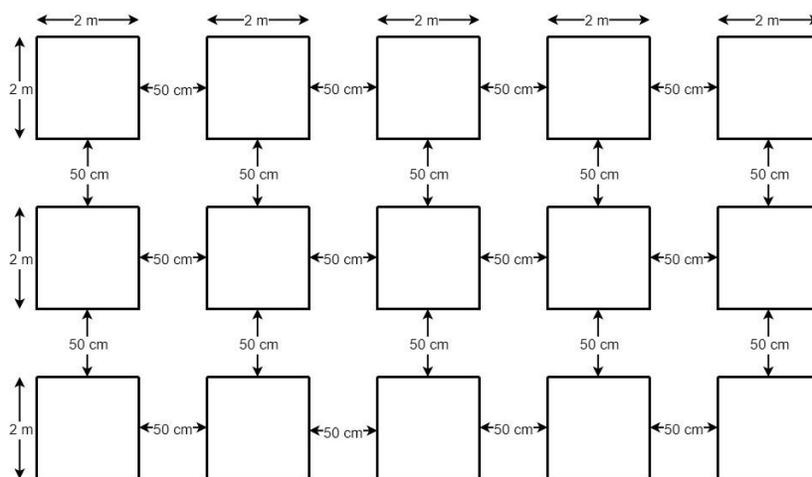


Figura 2. Diseño de las parcelas de muestreo para caracterizar la diversidad y composición florística en el área abandonada por actividades agrícolas en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Para conocer la diversidad del sitio, es decir la diversidad alfa, se calcularon índices de diversidad de estructura de Shannon y Pielow (Aguirre, 2019; Moreno, 2001), descritos a continuación:

❖ **Índices de diversidad Shannon-Wiener**

El índice de Shannon-Wiener midió la diversidad del sitio en función de la riqueza de especies y la distribución de individuos en términos de abundancia. La fórmula de cálculo fue:

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

Donde:

H: Índice de Shannon

S: Número de especie

Pi: Proporción de la abundancia de la especie *i*

\log_n : Logaritmo natural

La interpretación del índice de Shannon-Wiener se basa en los rangos de interpretación (Tabla 3).

Tabla 3. Rangos de interpretación del índice de Shannon.

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

❖ **Índices de equidad de Pielow**

El índice de Pielow indicó qué tan equitativamente estuvieron distribuidas las abundancias en las especies en el sitio de estudio. La fórmula para su cálculo fue:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

donde:

H': índice de Shannon-Wiener

$\ln S$: diversidad máxima, logaritmo natural de la riqueza específica.

La interpretación del índice de Pielow fue de acuerdo a la diversidad (Tabla 4).

Tabla 4. Significancia de los valores del índice de Pielow.

Valores	Significancia	Diversidad
0 – 0,33	Heterogéneo en abundancia	Baja
0,34 – 0,66	Ligeramente heterogéneo en abundancia	Media
> 0,67	Homogéneo en abundancia	Alta

5.4.3. Curva rango-abundancia

Para entender la distribución de las hierbas y arbustos en un ecosistema, se utilizó las curvas rango abundancia, las mismas que se graficaron en el software Excel representando en el eje de las X el logaritmo de la abundancia y en el eje Y el rango de las especies. Su representación se hizo ordenando el rango de las especies de mayor a menor valor (Carmona, 2013).

5.4.4. Estructura de la vegetación

Con las variables levantadas en campo se calculó los parámetros estructurales de la vegetación (Aguirre, 2019; Orozco y Brumer, 2002), que se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Fórmulas para determinar la estructura de la vegetación en el área abandonada por actividades agrícolas en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Parámetro	Fórmula	Significado
Densidad absoluta (ind.ha ⁻¹)	$D = \left(\frac{Nro. ind}{A} \right)$	D: Densidad Nro. ind: Número de individuos de una especie. A: área o superficie muestreada.
Densidad relativa (%)	$DR\% = \left(\frac{Nro. ind. sp}{Nro. total ind.} \right) * 100$	DR%: Densidad relativa en porcentaje Nro. ind. sp: Número de individuos de una especie. Nro. total ind: Número total de individuos de todas las especies.
Frecuencia relativa (%)	$FR\% = \left(\frac{Nro. parc. apar. sp}{\sum f_a} \right) * 100$	FR: Frecuencia relativa en porcentaje. Nro. parc. apar. sp: 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	$IVIs = \left(\frac{DR + FR}{2} \right)$	IVIs: Índice de valor de importancia simplificado.

ecológico
simplificado (%)

DR: Densidad relativa de la especie.
FR: Frecuencia relativa de la especie.

5.5. Metodología para determinar el efecto de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonadas por actividades agrícolas

5.5.1. Tratamientos aplicados

Los tratamientos aplicados para determinar el efecto de técnicas de restauración activa sobre la diversidad y composición florística en áreas abandonadas por actividades agrícolas fueron:

- **Tratamiento 1.** Erradicación mecánica de especies consideradas invasoras o agresivas como *Pteridium esculentum* y pasto (*Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* y *Melinis minutiflora*), presentes en toda el área de las parcelas de 2 × 2 m. En total fueron cinco parcelas de 2 × 2 m para el tratamiento 2. Se realizó mensual para la erradicación de las especies agresivas, evitando no provocar daños para otras especies. La evaluación final del efecto del tratamiento se realizó a los seis meses de su instalación.
- **Tratamiento 2.** Transposición de 15 muestras de suelo distribuidas equitativamente en cinco parcelas de 2 × 2 m, es decir tres muestras por parcela. Las muestras de suelo fueron colectadas del ecosistema de referencia bosque, priorizando áreas en buen estado de conservación. Las medidas de las muestras fueron de 40 × 40 × 10 cm de profundidad, y comprendieron principalmente la materia orgánica sobre el suelo (hojarasca) y la primera capa de suelo, esto en función de las características del sitio donde estas fueron colectadas. Cada muestra se colocó en fundas plásticas, por separado, para su traslado al sitio de estudio. En cada parcela de 2 × 2 m, se identificó el mejor lugar para reemplazar el suelo, priorizando espacios ocupados principalmente por especies herbáceas como pasto (*Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* L y *Melinis minutiflora*). La ubicación de las muestras de suelo fue en núcleo con una distancia entre muestras de 50 cm aproximadamente y formando un triángulo. Se realizó monitoreos mensuales para identificar posibles barreras a la germinación y establecimiento de la regeneración. La evaluación final del efecto del tratamiento se realizó a los seis meses de su instalación.
- **Testigo.** Se consideró cinco parcelas de 2 × 2 m como testigo, es decir donde no se aplicó ningún tratamiento.

5.5.2. Diseño de muestreo y distribución de las unidades experimentales

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones. Las 15 unidades experimentales (parcelas) se distribuyeron en el sitio de estudio de manera aleatoria (Figura 3).

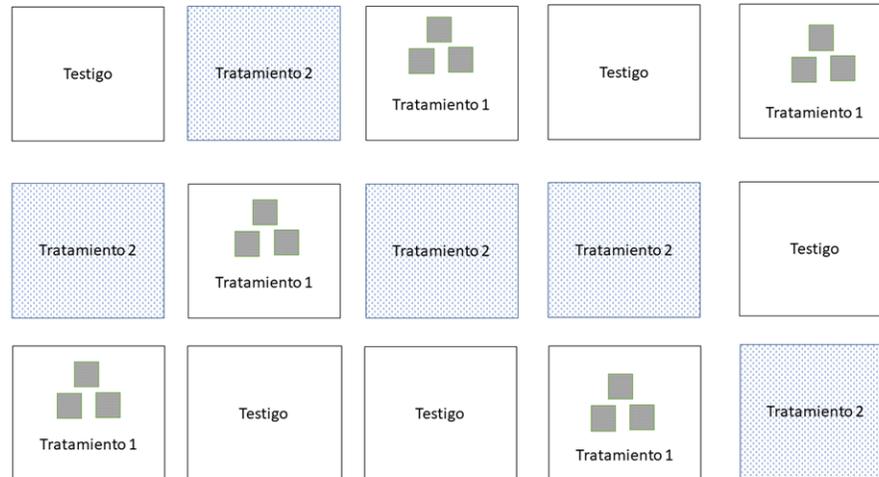


Figura 3. Distribución de las unidades experimentales en el área abandonada por actividades agrícolas en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

El modelo aditivo lineal para el diseño completamente aleatorio (DCA) se detalla en la tabla 6.

Tabla 6. Fórmula e interpretación del modelo estadístico DCA.

Fórmula	Interpretación
$\gamma_{ij} = \mu + \beta_j + \varepsilon_{ij}$	γ_{ij} Observación en el tratamiento i, repetición j
	μ Media poblacional
	β_j Efecto del i-ésimo tratamiento
	ε_{ij} Error experimental

El resumen del experimento con un DCA fue el siguiente:

- Número de tratamientos: 2
- Un testigo
- Número de repeticiones por tratamiento: 5
- Número total de unidades experimentales del testigo: 5
- Número total de unidades experimentales: 15

5.5.3. Registro de información

Al término de 6 meses se realizó la medición de la vegetación existente en las 15 parcelas instaladas, diferenciando por tratamiento y testigo. Las variables medidas fueron: nombre de la especie, número de individuos, porcentaje de cobertura y altura promedio. Con estas variables se calculó la composición florística, parámetros estructurales de la vegetación y diversidad.

5.6. Análisis de la información

Para caracterizar la composición y diversidad florística del área abandonada por actividades agrícolas se calcularon estadísticos descriptivos y se representó la información por medio de figuras y tablas. Se aplicó la prueba no paramétrica ANOSIM para evaluar el grado de similitud entre la composición florística de los tratamientos y el testigo. Por otra parte, se realizó un Análisis de Escalamiento No métrico Multidimensional (NMDS) para representar de forma gráfica la información de la composición en función de la similitud o disimilitud entre tratamientos y el testigo. Para el efecto de las técnicas de restauración activa en la diversidad florística, los valores medios de cada uno de los tratamientos fueron comparados a través de una prueba t de Student, con un nivel de significancia del 0,05 %, considerando la medida inicial y una segunda medida realizada a los seis meses. Para conocer que tratamiento tuvo un mayor efecto en la composición y diversidad se aplicó una prueba ANOVA, con un nivel de significancia de 0,05 %, previo al cumplimiento de la normalidad de datos y homogeneidad de varianzas. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software Rstudio 4.2.2 (2023) y Excel.

6. Resultados

6.1. Caracterización de la diversidad y composición florística de un área abandonada por actividades agrícolas

6.1.1. Composición florística

Dentro del área de estudio se registraron en total 29 especies, entre árboles, arbustos y hierbas, representadas en 20 familias botánicas (Anexo 1). En la Tabla 7, se presenta la composición florística y abundancia para el estrato arbustivo y arbóreo, con 11 especies arbustivas y una especie arbórea, la familia más diversa fue Melastomataceae con dos especies, y *Stemodia suffruticosa* fue la más abundante con el 49 % de individuos, seguida de *Lepechinia mutica* con el 15 %.

Tabla 7. Caracterización de la diversidad y composición florística de árbol y arbustos en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Estrato	Especie	Familia	Individuos
Arbusto	<i>Stemodia suffruticosa</i> Kunth	Plantaginaceae	237
	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	Lamiaceae	75
	<i>Chaetogastra laxa</i> (Desr.) PJFGuim. y Miguel Ángel.	Melastomataceae	59
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Rosaceae	56
	<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schltld.	Rubiaceae	34
	<i>Monochaetum lineatum</i> Naudin	Melastomataceae	14
	<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	Ericaceae	4
	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Viburnaceae	4
	<i>Baccharis nitida</i> Pers.	Asteraceae	3
	<i>Dracaena</i> sp.	Asparagaceae	1
	<i>Oreocallis grandiflora</i> R.Br.	Proteaceae	1
	Total	488	
Árbol	<i>Pinus patula</i> Schltld. & Cham.	Pinaceae	1
	Total	1	

Para el estrato herbáceo, se registró un total de 17 especies, la familia más diversa fue Asteraceae con seis especies y *Cynodon dactylon* fue la que presentó mayor cobertura con el 84,67 %, seguida de *Pteridium esculentum* con 55,60 % y *Cyperus rotundus* con 43,85 % (Tabla 8).

Tabla 8. Caracterización de la diversidad y composición florística de hierbas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Especie	Familia	Cobertura promedio (%)
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Poaceae	84,67
<i>Pteridium esculentum subsp. aracnoideo</i> (Kaulf.) JAThompson	Dennstaedtiaceae	55,60
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	43,85
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Poaceae	34,36
<i>Gnaphalium pulchrum</i> Steud.	Asteraceae	17,55
<i>Viola arguta</i> Humb.&Bonpl. ex Willd.	Violaceae	16,67
<i>Holcus lanatus</i> L.	Poaceae	15,91
<i>Erigeron canadensis</i> L.	Asteraceae	11,36
<i>Cuphea ciliata</i> Ruiz y Pav.	Lythraceae	7,64
<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A.Rich.	Apiaceae	7,54
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	6,00
<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.	Fabaceae	3,79
<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	Apiaceae	3,50
<i>Bidens andicola</i> Kunth	Asteraceae	2,80
<i>Drymaria cordata</i> Willd. ex Schult.	Caryophyllaceae	2,40
<i>Dorobaea laciniata</i> (Kunth) B.Nord. y Pruski	Asteraceae	2,22
<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae	2,00

6.1.2. Diversidad florística

Para la diversidad florística (Tabla 9) se registró igual número de familias para hierbas y arbustos, en géneros y especies el estrato herbáceo tuvo mayor diversidad. En cuanto al status de las especies, las hierbas en un 70 % fueron nativas y un 28 % introducidas; y, en arbustos el 73 % fueron nativas, 18 % introducidas y una especie endémica. La riqueza específica estimada fue del 100 % y 91,67 % para hierbas y arbustos respectivamente (Anexo 2).

Tabla 9. Parámetros de diversidad florística en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Parámetros	Hierbas	Arbustos
Nro. de familias	10	10
Nro. de géneros	16	11
Riqueza específica observada	17	11
Riqueza específica estimada (Chao1)	17	12
Nro. especies nativas	13	8
Nro. especies endémicas	0	1
Nro. especies introducidas	4	2
Índice de Shannon (H')	2,72	2,07
Índice de Pielow (J')	0,96	0,86

La diversidad en función de los índices de equidad de Shannon y Pielow (Anexo 3) determinaron que las hierbas fueron más diversas en cuanto a la riqueza de especies y la uniformidad en la distribución de la abundancia por especies (Figura 4); sin embargo, la interpretación de los valores de estos índices determina una diversidad media para hierbas y arbustos. En cuanto a la curva rango abundancia de las hierbas y los arbustos, presentaron curvas en forma de cola larga lo que sugiere una distribución más equitativa de la abundancia entre las especies, con una disminución gradual en el rango.

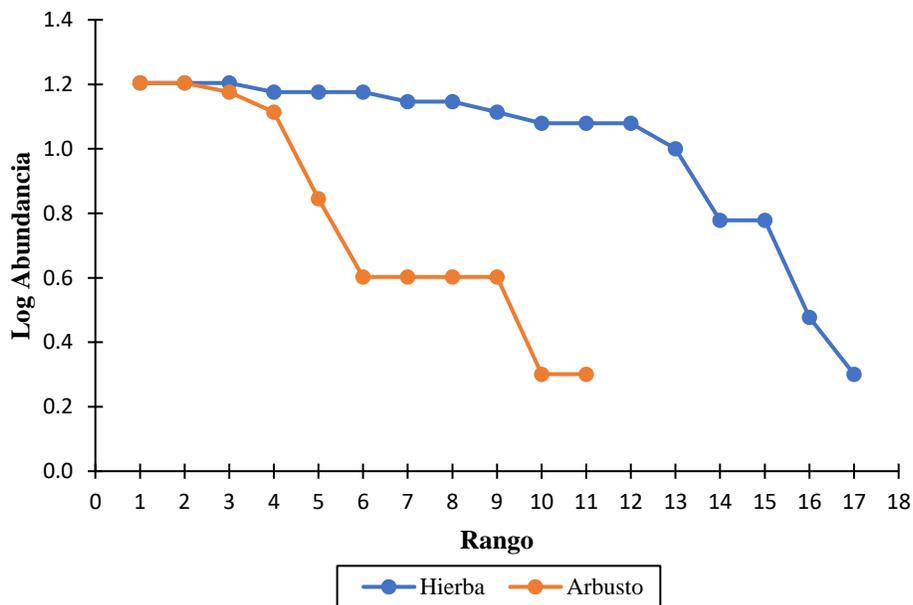


Figura 4. Curva del Rango abundancia de arbustos y herbáceas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

6.1.3. Parámetros estructurales

En la Figura 5 se presenta las especies herbáceas ordenadas de mayor a menor de acuerdo al valor del Índice de Importancia Ecológica simplificado (IVIs). Las cinco especies que definen la estructura, en función de la frecuencia relativa y densidad relativa, fueron *Cynodon dactylon* (19,63 %), *Pteridium esculentum* (12,89 %), *Cyperus rotundus* (10,17 %), *Melinis minutiflora* (7,97 %) y *Gnaphalium pulchrum* (4,07). En el Anexo 4 se presenta los valores de los parámetros estructurales por especie.

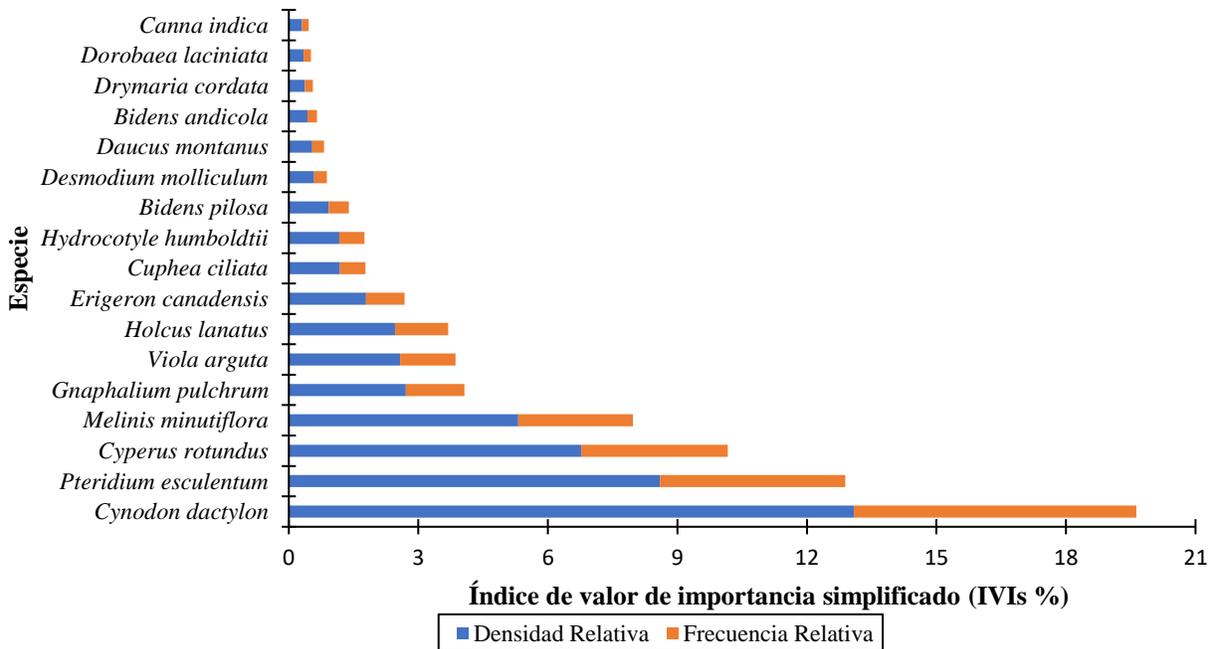


Figura 5. Índice de valor de importancia simplificado de las especies herbáceas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Para el estrato arbustivo, en la Figura 6 se presenta las especies ordenadas de mayor a menor de acuerdo al valor del Índice de Importancia Ecológica simplificado (IVIs), donde sobresalen cuatro especies: *Stemodia suffruticosa* (34,15 %), *Lepechinia mutica* (16,8 %), *Chaetogastra laxa* (15,91 %) y *Rubus ulmifolius* (13,63 %). En el Anexo 5 se presenta los valores de los parámetros estructurales por especie.

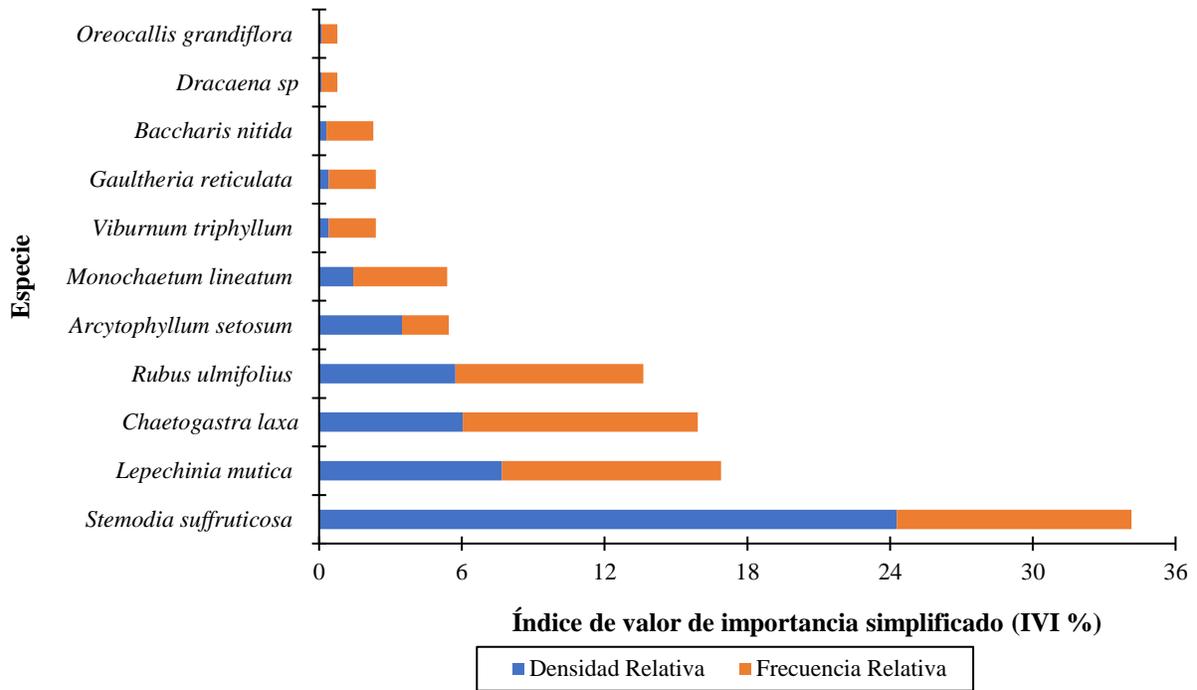


Figura 6. Índice de valor de importancia simplificado de las especies arbustivas en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

6.2. Efecto de las técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonas por actividades agrícolas

6.2.1. Composición florística

La composición florística total, luego de seis meses de evaluación, estuvo comprendida por 38 especies entre árboles, arbustos y hierbas, representadas en 25 familias botánicas. En el Anexo 6 se presenta un registro fotográfico de las especies en mención.

En la Tabla 10, se presenta la composición florística para árboles y arbustos, agrupada por tratamientos, donde se indican los valores de abundancia antes y después del periodo de evaluación. Se registraron 12 especies arbustivas y una arbórea, sobresaliendo en abundancia *Stemodia suffruticosa* (246) y *Lepechinia mutica* (82) en los tratamientos y el testigo.

Tabla 10. Composición florística del estrato arbustivo y arbóreo por tipo de tratamiento en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Especie	Nro. Individuos					
	T0		T1		T2	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<i>Pinus patula</i> Schltl. & Cham	1	1	0	0	0	0
<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schltl.	16	6	7	0	11	1
<i>Baccharis nitida</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	1	2	1	1	1	1
<i>Chaetogastra laxa</i> (Desr.) PJFGuim. y Miguel Ángel.	19	25	24	20	16	25
<i>Dracaena</i> sp	1	1	0	0	0	0
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	3	1	1	0	0	0
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	30	31	22	23	23	28
<i>Monochaetum lineatum</i> (D. Don) Naudin	2	2	7	4	5	3
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br.	0	0	0	0	1	1
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	28	21	18	13	10	12
<i>Stemodia suffruticosa</i> Kunth	80	74	69	110	88	62
Rubiaceae sp	0	0	0	0	0	1
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	2	4	2	0	0	0
Total	183	168	151	171	155	134

Nota. T0: testigo, T1: tratamiento 1, T2: tratamiento 2.

A los seis meses de evaluación, de manera general el testigo y tratamiento dos experimentaron una disminución en la abundancia, contrario al tratamiento uno donde se evidenció

un incremento. No obstante, estos cambios registrados no fueron estadísticamente significativos (p-valores > 0,05; Tabla 11).

Un aspecto a destacar en el tratamiento dos, en su medición dos, fue el registro de nuevas especies como *Phytolacca bogotensis*, *Spermacoce tenuior*, *Thunbergia alata*, *Gamochaeta* sp., *Oxalis* sp., *Galium* sp; además, para algunos individuos su identificación fue posible a nivel de familia como fue el caso de Dennstaedtiaceae sp., Fabaceae sp., y Asteraceae sp., y otras como indeterminadas.

Tabla 11. Comparación de las abundancias del estrato arbustivo por tipo de tratamiento y testigo, entre las mediciones uno y dos.

Tratamiento	Estadística	Medición 1	Medición 2
T1	Abundancia (Nro.)	30,2	34,2
	Error estándar (\pm cm)	4,48	2,10
	p-valor (t-Student)	0,1972	
T2	Abundancia (Nro.)	31	26,8
	Error estándar (\pm cm)	5,01	3,84
	p-valor (t-Student)	0,6059	
T0	Abundancia (Nro.)	36,6	33,6
	Error estándar (\pm cm)	7,80	4,64
	p-valor (t-Student)	0,4318	

Nota. T0: testigo, T1: tratamiento 1, T2: tratamiento 2.

La prueba estadística multivariada NMDS y la prueba no paramétrica ANOSIM permitió comprobar que la composición florística del estrato arbustivo entre los tratamientos uno, dos y testigo, a los seis meses de evaluación, fue similar florísticamente (ANOSIM, $R= 0,04133$, $p=0,2846$) (Figura 7).

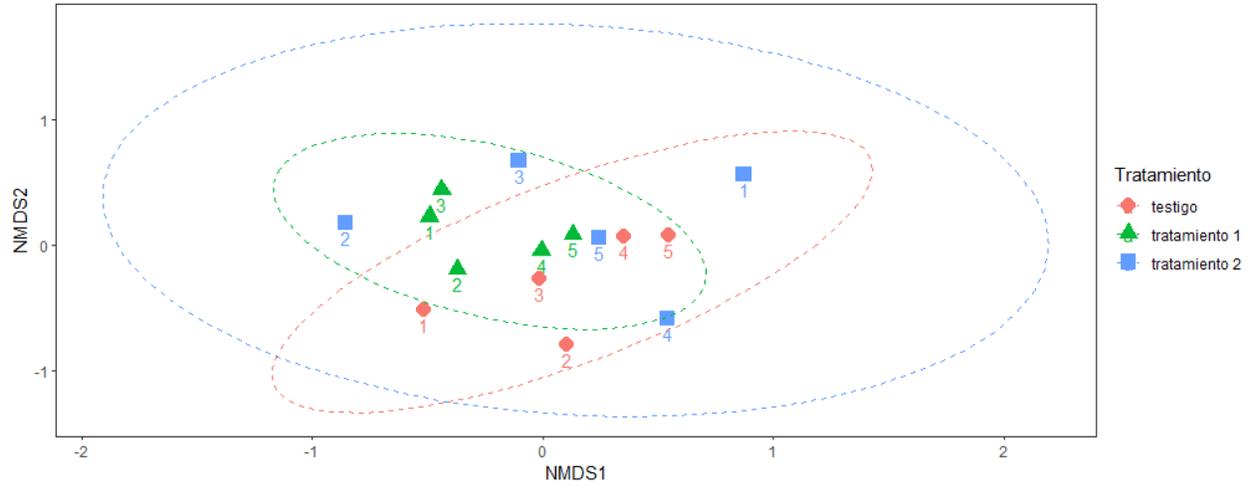


Figura 7. Prueba estadística multivariada NMSD para la composición florística de arbustos, por tratamientos y testigo, de las áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Para el estrato herbáceo, en la Tabla 12 se presenta la composición florística antes y después de aplicar los tratamientos. De manera general, en la medición dos, se registró un total de 25 especies, ocho por encima de la medición uno, siendo las de mayor cobertura promedio *Cynodon dactylon* (52,3 %) y *Cyperus rotundus* (30 %).

Tabla 12. Composición florística del estrato herbáceo por tipo de tratamiento y testigo, en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Especie	Cobertura promedio					
	T0		T1		T2	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<i>Bidens pilosa</i> L	2	6	0	13	10	1
<i>Bidens andicola</i> Kunth	2	3	3	5	3	4
<i>Canna indica</i> L	2	5	0	0	0	0
<i>Cuphea ciliata</i> Ruiz y Pav.	7	12	7	9	10	10
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	88	67	84	33	82	57
<i>Cyperus rotundus</i> L	42	41	44	14	46	35
<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Spreng.	3	4	4	4	4	5
<i>Dennstaedtiaceae</i> sp	0	0	0	0	0	1
<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.	4	11	5	20	3	6
<i>Dorobaea laciniata</i> B. Nord. y Pruski	2	7	2	12	2	8
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult.	3	3	2	4	3	4
<i>Erigeron canadensis</i> (L.) Cronquist	5	5	13	9	15	8
<i>Galium</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Gamochaeta</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Gnaphalium pulchrum</i> Steud.	17	13	14	13	21	17
<i>Holcus lanatus</i> L	15	11	11	4	22	20
<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A.Rich.	5	5	8	2	9	8
<i>Hydrocotyle leucocephala</i> Cham. & Schltld.	0	0	0	0	0	1
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	40	44	24	10	40	24
<i>Oxalis</i> sp.	0	0	0	0	0	1
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth	0	0	0	0	0	3
<i>Pteridium esculentum subsp. aracnoideo</i> (Kaulf.) J.A.Thomson	48	40	75	0	43	44
<i>Spermacoce tenuior</i> L.	0	0	0	0	0	1
<i>Thunbergia alata</i> Bojer ex Sims	0	0	0	0	0	1
<i>Viola arguta</i> Willd. ex Roem. y Schult.	10	8	22	33	18	11
Promedio de cobertura	17,35	16,76	21,2	12,3	20,68	11,33

A los seis meses de evaluación, para los tratamientos uno, dos y testigo se observó una disminución de la cobertura promedio, existiendo diferencias significativas en los tratamientos uno y dos , (p-valor < 0,05, $\alpha=0,05$) (Tabla 13).

Tabla 13, Comparación de la cobertura promedio del estrato herbáceo por tipo de tratamiento y testigo, entre las mediciones uno y dos.

Tratamiento	Estadística	Medición 1	Medición 2
T1	Cobertura promedio (Nro.)	23,71	14,68
	Error estándar (\pm cm)	1,44	1,64
	p-valor (t-Student)	0,014	
T2	Cobertura promedio (Nro.)	25,12	18,26
	Error estándar (\pm cm)	2,36	1,49
	p-valor (t-Student)	0,049	
T0	Cobertura promedio (Nro.)	22,79	20,90
	Error estándar (\pm cm)	1,64	2,07
	p-valor (t-Student)	0,5893	

Nota. T0: testigo, T1: tratamiento 1, T2: tratamiento 2.

La prueba estadística multivariada NMDS y la prueba no paramétrica ANOSIM permitió comprobar que la composición florística del estrato herbáceo entre los tratamientos uno, dos y testigo fue medianamente disímil florísticamente (ANOSIM, $R= 0,5502$, $p=0,0003$), en especial entre los tratamientos uno y dos.

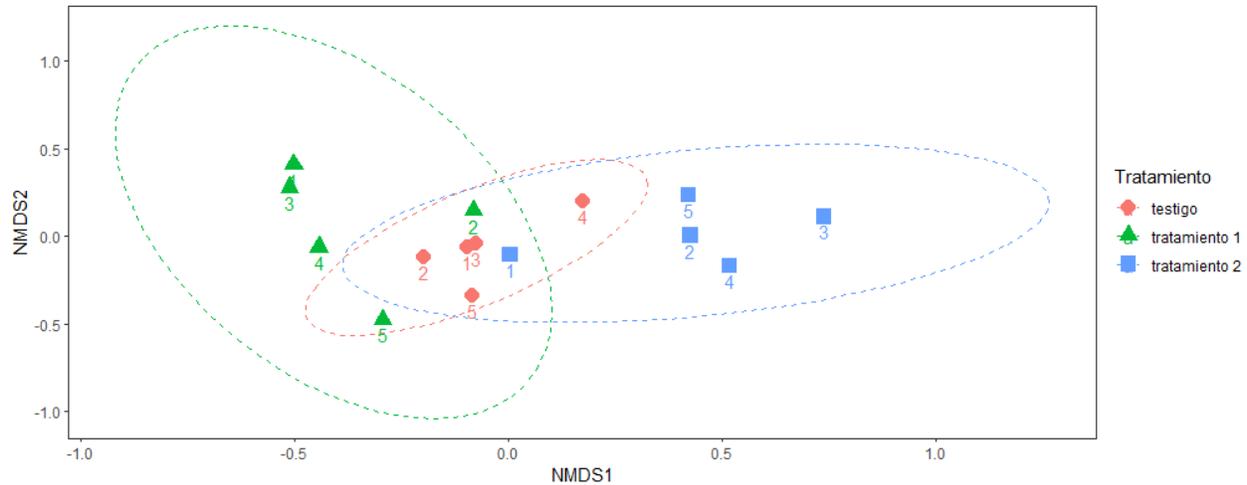


Figura 8. Prueba estadística multivariada NMDS para la composición florística de hierbas entre los tratamientos y testigo, en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

6.2.2. Diversidad florística

De manera general, la riqueza específica al finalizar el periodo de evaluación (seis meses) aumentó en un total de 13 especies (., *Galium* sp., *Oxalis* sp., *Thunbergia alata*, *Phytolacca bogotensis*, *Hydrocotyle leucocephala*, *Gamochaeta* sp., *Dennstaedtiaceae* sp., *Spermacoce tenuior*, y cuatro indeterminadas).

Para el estrato arbustivo y arbóreo, el testigo y tratamiento dos experimentaron un aumento de la riqueza de especies, contrario al tratamiento uno donde hubo una disminución. Estos cambios de acuerdo a la prueba t-Student ($\alpha=0,05$) fueron estadísticamente significativos para el tratamiento uno (p valor = 0,0341) y dos (p valor = 0,0341) (Tabla 14).

Para el índice de Shannon, al final del periodo de evaluación (seis meses) se observó una disminución en sus valores en el testigo y tratamiento uno, mientras que para el tratamiento dos hubo un aumento; sin embargo, estos cambios no fueron significativos (prueba t-Student, $p > 0,05$, $\alpha=0,05$) (Tabla 14).

Similar caso sucedió para el índice de Pielow, que al final del periodo de evaluación (seis meses) existió una variación en los valores del índice por tratamiento y testigo, siendo estos cambios no significativos (prueba t-Student, $p > 0,05$, $\alpha=0,05$) (Tabla 14).

Tabla 14. Parámetros de diversidad florística de la vegetación arbustiva por tratamientos y testigo en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Tratamiento	Parámetros	Medición 1	Medición 2	p-valor
T0	Riqueza específica promedio (Nro.)	5,6 ± 0,68	5.80±0,58	0,6213
	Índice de Shannon	1,62	1,59	0,3642
	Índice de Pielow	0,70	0,69	0,2563
T1	Riqueza específica promedio (Nro.)	5,20 ± 0,49	4,20 ± 0,37	0,0341
	Índice de Shannon	1,59	1,12	0,2622
	Índice de Pielow	0,72	0,63	0,6842
T2	Riqueza específica promedio (Nro.)	4,60 ± 0,24	6,6 ± 0,6	0,0341
	Índice de Shannon	1,38	1,44	0,4935
	Índice de Pielow	0,66	0,66	0,3857

Nota. T0: testigo, T1: tratamiento uno, T2: tratamiento 2.

Para el estrato herbáceo, al final del periodo de evaluación (seis meses) la riqueza de especies experimentó un incremento en el testigo y tratamiento dos, contrario al tratamiento uno donde se registró una disminución. Sin embargo, estos cambios solo fueron significativos para el tratamiento dos (prueba t-Student, p-valor = 0,00039, $\alpha=0,05$). Ver Tabla 15.

En el caso del índice de Shannon, al final del periodo de evaluación (seis meses) se observó un aumento en los valores del índice para los tratamientos uno, dos y testigo, siendo solo significativo para este último (prueba t-Student, p-valor = 0,0231, $\alpha=0,05$) (Tabla 15).

Para el índice de Pielow, al final del periodo de evaluación (seis meses) se observó un aumento en los valores del índice para el testigo y tratamiento uno, y una disminución para el tratamiento dos. Estos cambios registrados fueron estadísticamente significativos, según prueba t-Student, para el testigo (p-valor= 0,0179) y tratamiento uno (p-valor= 0,0021) (Tabla 15).

Tabla 15. Parámetros de diversidad florística de la vegetación herbácea para los tratamientos y testigo en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Tratamiento	Parámetros	Valor 1	Valor 2	p-valor
T0	Riqueza específica promedio (Nro.)	12 ± 0,71	12,40±0,40	0,6213
	Índice de Shannon	1,98	2.16	0,0231
	Índice de Pielow	0.70	0.76	0,0179
T1	Riqueza específica promedio (Nro.)	12,40±0,40	10,60 ± 0,93	0,0877
	Índice de Shannon	2,05	2.27	0,2217
	Índice de Pielow	0,76	0.84	0,0021
T2	Riqueza específica promedio (Nro.)	11,60 ± 0,68	17,20 ± 0,92	0,0004
	Índice de Shannon	2,18	2,30	0,7608
	Índice de Pielow	0,79	0,72	0,2507

Nota. T0: testigo, T1: tratamiento uno, T2: tratamiento 2.

Mediante un análisis de varianza (ANOVA), se comparó los parámetros de diversidad específica intergrupar, es decir entre los tratamientos uno, dos y testigo. Para la riqueza específica del estrato arbustivo y arbóreo se encontró diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T2 ($p=0,022$; $\alpha = 0,05$), sobresaliendo el tratamiento dos con el mayor número de especies; sin embargo, estos no fueron diferentes con respecto al testigo. En el caso de la abundancia, índice de Shannon e índice de Pielow no hubo diferencias estadísticas significativas (ANOVA, p -valores $> 0,05$). Ver Figura 9.

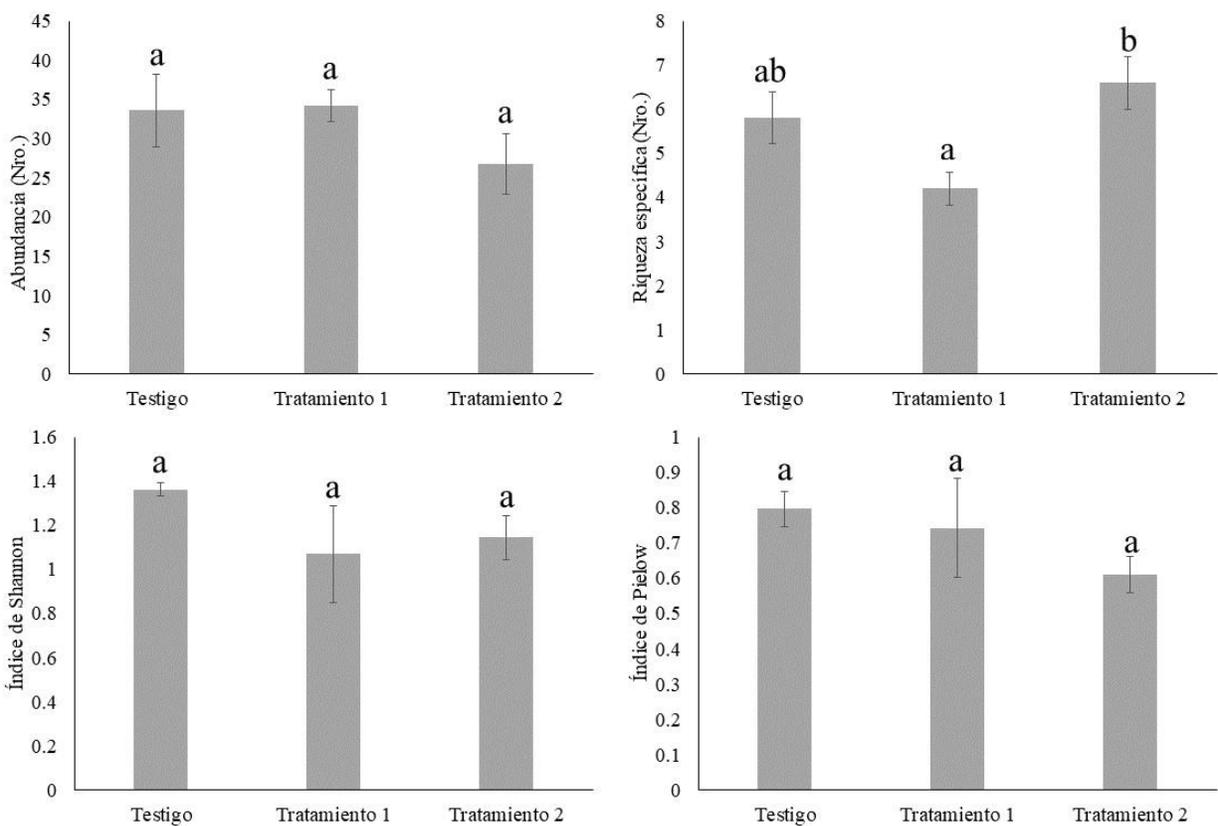


Figura 9. Comparación de medias de los tratamientos T1, T2 y el testigo para las variables abundancia, riqueza específica, índice de Shannon e índice de Pielow en el componente arbustivo.

En el caso de las hierbas, la comparación de los parámetros de diversidad específica intergrupar, es decir entre los tratamientos uno, dos y testigo, evidenciaron diferencias significativas en la riqueza de especies (ANOVA, $p=0,0002$, $\alpha = 0,05$) y el índice de Pielow (ANOVA, $p=0,043$; $\alpha=0,05$). Para la riqueza específica la significancia estadística fue para el tratamiento dos con el mayor número de especies ;y, para el índice de Pielow las diferencias

estuvieron presentes entre los tratamientos uno y dos, sin ser para ambos casos diferentes con el testigo (Figura 10).

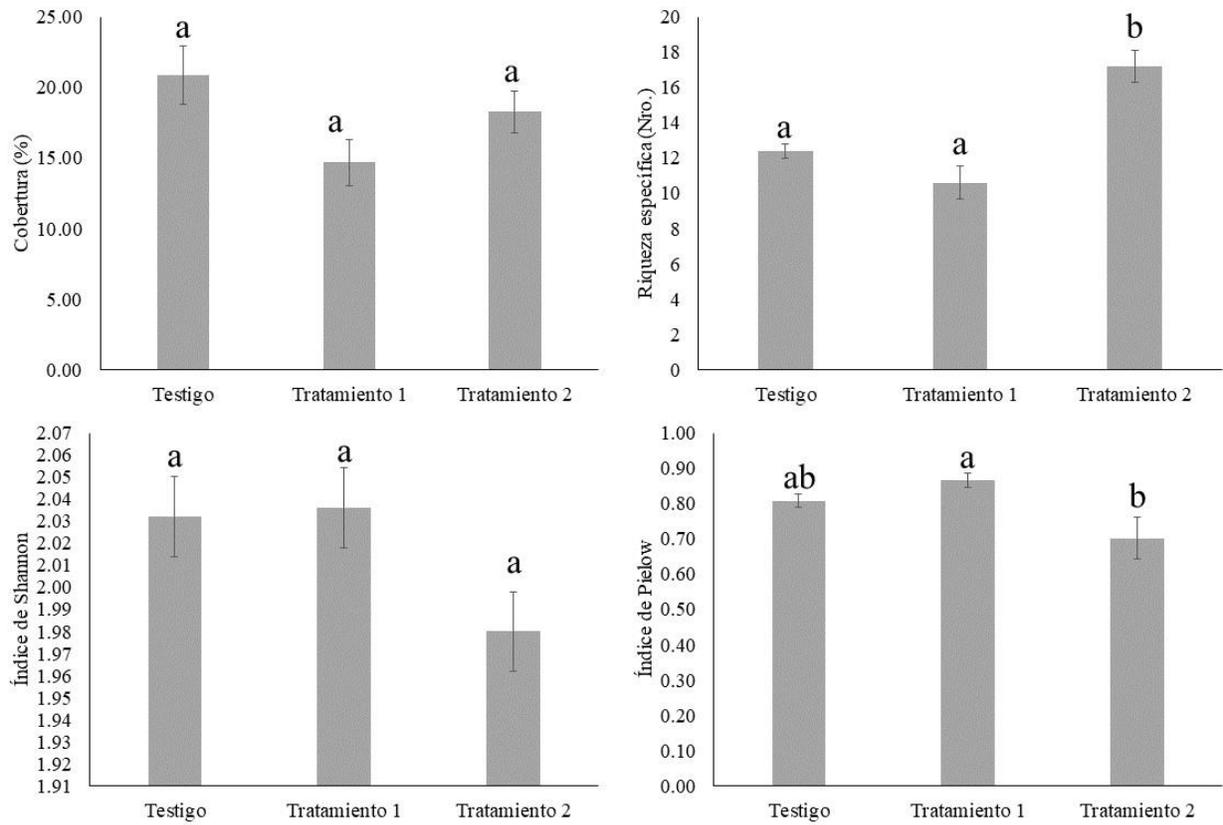


Figura 10. Comparación de medias de los tratamientos T1, T2 y el testigo para las variables abundancia, riqueza específica, índice de Shannon e índice de Pielou en el componente herbáceo.

7. Discusión

7.1. Caracterización de la diversidad y composición florística de un área abandonada por actividades agrícolas

La composición florística del área abandonada por actividades agrícolas en el PUFVC, estuvo representada principalmente por hierbas, registrándose también un aporte importante de especies arbustivas y de un solo individuo arbóreo exótico. La familia con mayor diversidad para arbustos fue Melastomataceae y para hierbas Asteraceae.

En cuanto a la composición florística estuvo constituida por especies como *Desmodium molliculum*, *Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylon*, *Daucus montanus*, *Gnaphalium pulchrum*, *Chaetogastra laxa*, *Cuphea ciliata*, *Bidens pilosa*, *Bidens andicola*, *Melinis minutiflora* y *Baccharis nítida* que son consideradas como arvenses o malezas asociadas a cultivos (Aguirre et al., 2019; Blanco y Leyva, 2007), una situación habitual en este tipo de escenarios por la manipulación de la vegetación mediante prácticas agrícolas que provoca la aparición de malezas, las cuales una vez abandonadas las actividades agrícolas empiezan a ocupar los estadios primarios de la sucesión secundaria (Kauffman, 1990). Por lo tanto, este tipo de especies también cumplen un papel clave en la recuperación de ecosistemas de manera natural al presentar el inicio de la sucesión natural, la prevención de la erosión y el reciclaje de nutrientes (Blanco y Leyva, 2007).

La diversidad del área abandonada por actividades agrícolas fue media, con la presencia abundante de especies nativas, algunas introducidas y pocas endémicas. Esta diversidad encontrada, luego de dos años de abandono, es un indicador positivo de la recuperación natural de las especies, pues las actividades agrícolas, en especial en monocultivos intensos, la diversidad y estructura de la vegetación suele ser inferior (Blanco y Leyva, 2007). Además, la restricción en cuanto al desarrollo de cultivos en el sitio de estudio ha contribuido a la recuperación de la vegetación considerándose la actual composición y estructura de la vegetación como un estado o trayectoria inicial de fase 2 u homeostasis I (Soto et al., 2023), la cual se caracteriza por el establecimiento de especies pioneras como *Chaetogastra laxa*, *Cuphea ciliata* y *Melinis minutiflora* que han logrado establecerse en el sitio creando condiciones micrositio para el establecimiento de otras especies posiblemente intermedias como *Rubus ulmifolius*, *Lepechinia mutica* y *Gnaphalium pulchrum*.

La presencia de individuos de *Pinus patula* en la composición florística se debe a la existencia de árboles de esta especie en los alrededores del sitio, además, su capacidad de adaptarse

a diferentes climas y su dispersión, caracterizada por la apertura de estróbilos que liberan semillas aladas, utilizando el viento como vector principal, lo que permite que las corrientes de aire las lleven a una distancia considerable de la planta madre y su rápida tasa de crecimiento (Parra et al., 2016).

En cuanto a la estructura de la vegetación, en especial la estructura horizontal, se tiene la presencia de especies dominantes e importantes ecológicamente como la hierba *Cynodon dactylon* y los arbustos *Stemodia suffruticosa* y *Lepechinia mutica* lo que demuestra que el sitio se encuentra en un proceso de recuperación, producto de la restricción de actividades agrícolas, aspecto clave en los procesos de restauración ecológica (Vargas, 2011).

Sobre la intensidad del disturbio en estas áreas fue moderada, lo que tuvo como efecto probablemente un suelo poco perturbado y viable para la recuperación de otras especies de manera natural. Autores como Bacca y Burbano (2018), muestran que en la restauración ecológica de disturbios antrópicos que ante un mayor tiempo de intervención se tiene menores tasas de crecimiento de especies potenciales, por lo que la intensidad de las actividades agrícolas son aspectos claves para definir el tipo de intervención a realizar para la recuperación de ecosistemas.

7.2. Efecto de las técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística de áreas abandonadas por actividades agrícolas

Los tratamientos aplicados como la erradicación mecánica de especies herbáceas (tratamiento uno) y la transposición de suelos (tratamiento dos), por un periodo de evaluación de seis meses, tuvieron diferentes respuestas en cuanto a la diversidad específica para arbustos y hierbas. Estas técnicas de restauración activa desempeñan un papel importante en la recuperación de la composición y diversidad de vegetación (Rodríguez et al., 2010), en especial al promover las abundancias y la riqueza específica de especies deseadas y al controlar las abundancias de otras especies (Moreno, 2001) consideradas como limitantes de la regeneración natural como lo fueron *Pteridium esculentum*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* y *Melinis minutiflora*, apoyado así a la recuperación de la biodiversidad y estructura de la vegetación, lo que según Mola et al., (2018), proporciona un restablecimiento en la proporción de servicios ecosistémicos, en especial en la acumulación de biomasa.

La diversidad florística registrada al finalizar el periodo de evaluación, seis meses, fue de 38 especies, pertenecientes a 25 familias botánicas. Estos resultados en comparación con la

medición inicial fueron beneficiosos aumentando una especie en el estrato arbustivo y ocho en el estrato herbáceo, dado principalmente por el tratamiento dos.

El tratamiento uno, que implicó la erradicación mecánica de manera mensual por un tiempo de seis meses de las especies abundantes y consideradas como limitantes para el desarrollo de regeneración natural como *Pteridium esculentum*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* y *Melinis minutiflora*, en los resultados generales tuvo efectos en la disminución de la abundancia y riqueza de la vegetación. No obstante, a nivel de especies se observó el aumento de individuos para *Stemodia suffruticosa*, *Bidens andicola*, *Cuphea ciliata*, *Desmodium molliculum*, *Dorobaea laciniata*, *Drymaria cordata* y *Viola arguta*. De igual forma, se registró nuevas especies en la composición como *Bidens pilosa* que no estuvo presente en la composición inicial.

Una desventaja identificada con la aplicación del tratamiento uno, fue la eliminación de otras especies diferentes a *C. dactylon*, *C. rotundus* y *M. minutiflora*, pues por sus altas coberturas y hábito de crecimiento se dificultó en algunos casos poder separar individuos de otras especies, lo que es común en este tipo de prácticas (Espinoza et al., 2013), perjudicándose así las abundancias de ciertas especies como *Arcytophyllum setosum*, *Gaultheria reticulata* Kunth y *Viburnum triphyllum*, que podrían ser consideradas como especies de etapas intermedias. Es importante mencionar que las especies eliminadas con el tratamiento uno, mostraron una notable capacidad de regeneración después de ser cortadas mecánicamente, en especial *C. dactylon* y *M. minutiflora*, que junto con su fuerte adaptabilidad al entorno se expanden rápidamente (Aguirre et al., 2019) y colonizan las áreas donde se realiza la intervención (Laurencena et al., 2009) dificultando así su control.

En el caso particular de *P. esculentum* y sus efectos sobre la vegetación han sido analizadas en estudios anteriores, por ejemplo se sostiene que esta especie puede competir y dominar áreas donde se establecen, influyendo en el establecimiento y crecimiento en áreas de restauración (Ramírez et al., 2007). La eliminación de *P. esculentum* puede proporcionar espacios y recursos para que las plantas nativas se establezcan y se desarrollen, promoviendo así la recuperación vegetal autóctona (Licet, 2017) y una variedad de organismos incluyendo insectos polinizadores, aves y mamíferos (Castro, 2013). Sin embargo, es crucial realizar una evaluación exhaustiva de los beneficios y riesgos antes de implementar medidas de control mecánico (CONABIO, 2023), como se observó en el tratamiento uno, con la disminución de la riqueza de especies al finalizar el periodo de evaluación, lo que pudiera ir en contra a los objetivos de la restauración planteados.

Investigaciones de Tillaguango (2022), Castro et al. (2020) y Aguirre et al. (2011) menciona que la presencia de *P. esculentum* no necesariamente conlleva una disminución en la riqueza específica, bajo sus doseles ocurren recambios de especies. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar múltiples estudios y enfoques para comprender plenamente los efectos de la erradicación mecánica de especies para promover la diversidad en áreas en procesos de restauración. Otros aspectos a considerar podrían ser los costos asociados, la incertidumbre a largo plazo del camino que seguirá la composición florística y el monitoreo de estas áreas para garantizar el éxito a largo plazo de estas iniciativas (Aguilar y Ramírez, 2015).

En el tratamiento dos, que implicó la transposición de suelos, ha ganado interés y atención en el campo de la restauración en los últimos años (Sanchún et al., 2016), con el fin de promover la recuperación de la vegetación, proporcionando un sustrato adecuado para el crecimiento de la vegetación similar al bosque de referencia (Ramírez-Soto et al., 2022). Esta técnica ayuda a restaurar la biodiversidad introduciendo indirectamente microorganismos beneficiosos (Tanya y Leiva, 2019), semillas (bancos de semillas) y otros componentes biológicos ausentes acelerando así el proceso de sucesión y promoviendo la aparición de regeneración natural de especies deseadas (Williams, 1984). En este estudio, las especies nuevas que aparecieron con el tratamiento dos fueron principalmente hierbas como *Galium sp*, *Oxalis sp*, *Thunbergia alata*, *Phytolacca bogotensis*, *Hydrocotyle leucocephala*, *Gamochaeta sp*, *Dennstaedtiaceae sp*, *Spermacoce tenuior* y un arbusto Rubiaceae sp. Sin embargo, la transposición de suelos no estuvo exenta de desafíos y limitaciones, como la introducción de especies consideradas como invasivas (*Thunbergia alata*) que podrían alterar los procesos ecológicos de los sitios receptores (Sanchún et al., 2016), por lo que, el éxito de esta técnica depende de la disponibilidad de suelos adecuados para transponer y de ecosistemas de referencias con buen estado de conservación (Carvajal et al., 2020).

Según Inforural (2024), los expertos recomiendan la sucesión natural del suelo para restaurar su productividad, no obstante, es importante destacar que este proceso puede llevar varios años, por lo que la transposición de suelos acelera este proceso, aumentando la productividad del suelo mediante el proceso de descomposición de la hojarasca, tal como lo sugiere Quesada et al. (2011).

Basso et al. (2007) sostiene que la transposición de suelo u hojarasca no solo es una herramienta eficaz para la introducción de especies en zonas degradadas, sino también para la creación de condiciones que faciliten la sucesión ecológica. Esta técnica ha demostrado ser exitosa

en diversos contextos, como lo evidencian los estudios realizados por Vieira (2004) y Tres (2006) donde se observó un restablecimiento significativo de la vegetación y una mejora en la calidad del suelo, lo que subraya aún más la utilidad y eficacia de la transposición de suelo como una estrategia clave en la restauración de ecosistemas degradados (Villalobos, 2019).

En la presente investigación, destacan en particular la familia Asteraceae, Poaceae y Rubiaceae, contrario con otros estudios, donde se observa una considerable variabilidad en los resultados, por ejemplo, Da Silva et al. (2022) no logro obtener resultados positivos en cuanto a la germinación de especies mediante la transposición de suelos; y Guimaraes (2015) informo una alta tasa de germinación, especialmente en dicotiledóneas. Por lo tanto, el potencial germinativo o su viabilidad, así como la adaptabilidad de las especies a las condiciones presentes en el sustrato y el clima (Balestrin et al., 2017).

8. Conclusiones

- La vegetación actual que conforma las áreas afectadas por actividades agrícolas en el PUFVC estuvo representada por un total de 29 especies pertenecientes a 20 familias, de las cuales fueron 17 herbáceas, 11 arbustivas y un árbol; sugiriendo que la restricción al sitio para realizar actividades agropecuarias, aproximadamente dos años, facilitó la recuperación inicial de la diversidad, promoviendo el establecimiento de especies propias del sitio.
- Las especies *Stemodia suffruticosa*, *Lepechinia mutica* y *Cynodon dactylon* destacaron por su abundancia y dominancia, definiendo la estructura de la vegetación, lo que sugiere una vegetación en proceso de recuperación, con especies herbáceas y arbustivas que responden a diferentes grados sucesiones.
- La aplicación del tratamiento uno, que implicó la erradicación mecánica de las especies *Pteridium esculentum*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* y *Melinis minutiflora*, durante seis meses de evaluación, tuvo como efecto la disminución de la riqueza y abundancia de la vegetación, principalmente para los arbustos *Arcytophyllum setosum*, *Gaultheria reticulata* y *Viburnum triphyllum*, lo que sugiere una revisión de los métodos mecánicos más adecuados para la erradicación de especies que retardan el proceso de recuperación de los ecosistemas, en especial para las hierbas.
- La implementación del tratamiento dos, que correspondió a la transposición de suelos, tuvo como efecto el registro principalmente de ocho especies herbáceas y una arbustiva a la composición florísticas de las áreas abandonadas por actividades agrícolas, después de una evaluación preliminar de seis meses, lo que sugiere que es una técnica favorable para recuperar composición y diversidad en ecosistemas alterados. Sin embargo, la introducción de *Thunbergia alata*, especie invasora agresiva muestra los riesgos de usar esta técnica, sobre todo con suelo expuesto a las diásporas de estas especies invasoras.

9. Recomendaciones

- Continuar con las actividades de seguimiento y monitoreo de la investigación por un lapso de un año o más, que ayuden a entender los procesos de regeneración y sucesión natural.
- Se sugiere la exploración de otros métodos alternativos cuando se quiere controlar o erradicar especies que podrían retrasar los procesos de sucesión natural, sin perjudicar el crecimiento de otras especies, en especial cuando las especies son de hábito herbáceas.
- Estudiar el efecto de otras variables ambientales en el aporte de la composición y diversidad florística de las áreas abandonadas por actividades agrícolas como el estado del suelo, proximidad a fragmentos de vegetación nativa, magnitud e intensidad del disturbio, condiciones climáticas y evaluar el estado potencial de regeneración del sitio.

10. Bibliografía

- Aguilar, M., y Ramírez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Biblioteca Instituto Humboldt–Nohora Alvarado. <https://repository.humboldt.org.co/server/api/core/bitstreams/b7977ed1-85db-4686-a1e9-c600eabc4f6d/content>
- Aguirre, N., Torres, J., Velasco, P. (2013). *Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana*. Fondo para la Protección del Agua-FONAG. Quito-Ecuador. <https://www.researchgate.net/publication/266387757>
- Aguirre, Z. Jaramillo, N. y Quizhpe, W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- Aguirre Mendoza, Z., y Yaguna Puglla, C. (2014). *Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Aguirre, N., Palomeque, X., Weber, M., Stimm, B., y Günter, S. (2011). Reforestation and Natural Succession as Tools for Restoration on Abandoned Pastures in the Andes of South Ecuador. *Tropical Forestry*.
- Aguirre, Z. (2019). *Métodos para medir la biodiversidad*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Aguirre, Z., González, L., Muñoz, J., y Muñoz-Chamba, L. (2023). Procesos sucesionales de la vegetación bajo plantaciones forestales y bosques andinos en la hoya de Loja, Ecuador. *conservação e biodiversidade amazônica: potencialidade e incertezas*.
- Bacca A, P. P., y Burbano M, D. L. (2018). Restauración ecológica de disturbios antrópicos presentes en la zona alto andina. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 36-50.
- Balestrin, P. B., Moreira Rovedder, A. P., Arnoni Costa, E., Marostega Felker, R., Marin Piazza, E., Stefanello, d. M., y Maureen. (2017). Transposição do banco de sementes para restauração ecológica da floresta estacional no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 227-235.
- Basso, S., Langa, R., Ribas, U., Três, D., Scariot, E., y y Reis, A. (2007). Introdução de Mimosa scabrella Bentham em Áreas Ciliares através da transposição de amostras de Solo. *Revista Brasileira de Biociências*, 5 (S1), 684-686.
- BIZKAIA, D. F. (2015). *Estrategia para la protección mejora y gestión de la biodiversidad en Bizkaia*.
- Blanco, Y., y Leyva, Á. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*, 28, 21-28.
- Bustamante, M., Armesto, J., Bannister, J., González, M., Echeverría, C., y Smith, C. (2018). *Restauración de Ecosistemas*. https://www.researchgate.net/profile/Jan-Bannister/publication/334760298_Restauracion_de_Ecosistemas/links/5d3fb8bea6fdcc370a6bca8a/Restauracion-de-Ecosistemas.pdf

- Caamal-Maldonado, A., y Armendariz-Yañez, I. (2002). La sucesión secundaria en los ecosistemas y agroecosistemas tropicales-El Henequén (*Agave fourcroydes*) en el contexto de la diversificación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 28-32.
- Carmona, V. (2013). La Diversidad de los Análisis de Diversidad. *Bioma*, 14,20,28.
- Carvajal, E., Gutiérrez, D., y Ledesma, R. (2020). Plantas exóticas naturalizadas con potencial de invasoras en zonas periurbanas del Alta Amazonia Ecuatoriana. *Ciencias Agrarias/Agricultural Sciences*, 69-79. doi:10.18779/cyt.v13i1.354
- Castro, A., Gil, P., y Morales, M. (2020). Vegetación asociada con helechales en el Parque Nacional Natural Serranía de Los Yarigués. *Revista de Biología Tropical*.
- Castro, J. (2013). Impacto de la especie invasora *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Macon . *Repositorio Institucional Universidad de Antioquia*.
- CONABIO, C. N. (2023). Información sobre Especies Invasoras en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*.
- Da Silva, K., Dos Santos, R., Leite, A., Fernandes, T., de Morais, G., de Medeiros, N., . . . Da Silva Sousa, S. M. (2022). Caracterização e recuperação de áreas com coprodutos de mineração no semiárido da Paraíba. Emprego de serrapilheira. *Research, Society and Development*, 11(4).
- De Paz, M., Gobbi, M., y Raffaele, E. (2019). Revisión de las experiencias de revegetación con fines de restauración en bosques de la Argentina. *Ecol. austral [online]*, 194-2007.
- Domic, A. (2011). Biodiversidad y conservación: una guía informativa. Bolivia, La Paz: Asociación para la Biología de la Conservación.
- Douterlungnea, D., Cortés, G., Badanoa, E., Flores, J., y Flores, J. (2018). Restauración de bosques de robles en suelo desnudo mediante la translocación de la capa superficial del suelo. *ScienceDirect*, 76-84.
- Encina, A., y Ibarra, J. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Población y desarrollo*, (25), 5-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5654360>
- Escobar, N. (2013). Diagnostico de la composicion floristica asociada a actividades agropecuarias en el cerro quinini (colombia). *Revista Ciencias Agropecuarias*, 1 (1), 14-22. <https://doi.org/10.36436/24223484.181>
- Espinoza, G., Hernández, C., y Morales, J. (2013). Manual de Malezas y Catálogo de Herbicidas Para el Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. *Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar*, 97p.
- FAO. (2008). Estudio mundial sobre buenas prácticas de los servicios de extensión y asesoramiento agropecuarios en el mundo. *Ediciones Mundi-Prensa*.

- FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid.*
- FIAS, F. d. (2018). *Plan de Manejo de Especies Invasoras para Galapagos (2019-2029)*. Ministerio del Ambiente.
- Gálvez, J. (2002). *La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones*. Guatemala. <https://www.calameo.com/read/001441005407062696b3e>
- González, J., Pambi, V., Uyaguari, E., y Zhiñin, H. (2017). Estado actual de la restauración ecológica en la Región Sur del Ecuador. *CEDAMAZ*, 16-25.
- 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://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1735/1175>
- González, S., y Cadenazzi, M. (2015). Recolonización natural por bosque ribereño en margen izquierda del embalse de Salto Grande. Identificación de especies pioneras. *Agrociencia (Uruguay)*, 1-13. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482015000100001
- Guariguata, M. (1998). *Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal*. Costa Rica: CATIE. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/924/Consideraciones_ecologicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guimaraes, A. (2015). Restauración de ambientes degradados por la actividad pecuaria. *Facultad de Geografía i Historia Universidad de Barcelona*.
- Gutiérrez-Bonilla, F. P. (2006). Estado de conocimiento de especies invasoras. Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. *UTADEO*, 70-80. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/13143>
- Hernández-Gómez, R., y Cantillo-Higuera, E. (2018). La restauración ecológica como estrategia de construcción social en la Vereda Chipautá, Municipio de Guaduas, Cundinamarca. *Ambiente y Desarrollo*. [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/AyD/22-42%20\(2018-I\)/151557418005/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/AyD/22-42%20(2018-I)/151557418005/)
- Inforural. (2014). La importancia de rehabilitar suelos dañados. *Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas*. https://www.oleaginosas.org/art_536.shtml
- Jane, W., Alexandre, N., Holl, K. R., Zahawi, R., Celentano, D., Sprenkle, S., y Werden, L. (2021). Nucleación aplicada guía de restauración para bosques tropicales. *Conservación Internacional (CI)*, 13-16.
- Jaramillo, N., Peña, J., Eraz, T., y Aguirre, Z. (2020). Flora característica del "Parque Universitario Francisco Vivar Castro".

- Kauffman, J. (1990). Deforestación, susceptibilidad a los incendios y posibles respuestas de los árboles al fuego en la Amazonia oriental. *Ecology*.
- Keenleyside, K., Dudley, N., Cairns, S., Hall, C., y Stolton, S. (2014). Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas. *UICN*.
- Lamb, D., y Gilmour, D. (2003). Rehabilitation and restoration of degraded forests. *IUCN y WWF*, 34-35. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/FR-IS-005.pdf>
- Laurencena, M., Carponi, M., Reinoso, P., Butus, M., Scorciapino, C., Galli, M., y Pérez, G. (2009). Comportamiento de céspedes de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. en Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 129-141.
- León, O., y Vargas, O. (2009). Las especies invasoras: un reto para la restauración ecológica. *Universidad Nacional de Colombia*, 19-38. https://www.researchgate.net/publication/264557346_Las_especies_invasoras_un_reto_para_la_restauracion_ecologica
- Licet, O. L. (2017). Implicaciones sociales y ecológicas de la restauración de áreas degradadas por helecho invasivo (*Pteridium aquilinum*) en San Pedro Tlatepusco, Oaxaca, México. *Repositorio Institucional de Literatura del IPN-CIIDIR Unidad Oaxaca*.
- Lorenzatti, S. (2017). *Siembra Directa: revalorando conceptos básicos*.
- MacKinnon, J., MacKinnon, K., Child, G., y Thorsell, J. (1986). *Manejo de áreas protegidas en los trópicos*. Suiza: UICN.
- MAE-CEPP. (2016). *Restauración Ecológica* (Segunda ed.). Quito: Curso: Gestión de la Vida Silvestre en el Ecuador. https://issuu.com/christiansantiagopuchavinueza/docs/unidad_10_restaruacion
- Márquez-Huitzil, R., Martínez-Garza, C., y Osorio, M. (2019). Adoptar los objetivos de la restauración ecológica como meta crucial al mitigar desechos mineros: una propuesta metodológica. *Acta botánica mexicana*.
- McDonald, G. G. (2016). Estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica-incluyendo principios y conceptos clave.
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales. veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 581-589.
- Mola, I., Sopena, A., y de Torre, R. (2018). Guía Práctica de Restauración Ecológica. *Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica*.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1). MyT – Manuales y Tesis SEA.
- Muñoz-Chamba, L., Ulloa, E., Muñoz, J., y Aguirre, Z. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 2(12).

- Navas, A., Martínez, E., y Herrera, M. (2021). Restauración de costras biológicas del suelo: pasado, presente y futuro. *Scielo.org.ar*. <http://www.scielo.org.ar/pdf/multeq/v30n2/1852-7329-multeq-30-02-25.pdf>
- Oesterheld, M. (2008). Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas. Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. *Ecología austral*, 18(3), 337-346. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300007
- Orozco, L., y Brumer, C. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. https://books.google.com/cu/books/about/Inventarios_forestales_para_bosques_lati.html?id=_JjZgHmxn5cCyprintsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&qyf=false
- Palacios, F. (2012). Evaluación del manejo, cumplimiento de objetivos y Actualización del Plan de Manejo del PUEAR. *Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja*.
- Palma-Ordaz, S., y Delgadillo-Rodríguez, J. (2014). Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de baja california, México. *Botanical Sciences*, 587-597.
- Parra Santiago, G., Cruz-Jiménez, H., Márquez Ramírez, J., Aparicio Rentería, A., y Pedraza Pérez, R. (2016). producción de semilla de *Pinus patula* Schl. y Cham. en una prueba de progenie de nueve años en Tlacolulan, Veracruz. *Foresta Veracruzana*, 18, 45-52.
- Parra, M., Inzunza, F., Solano, C., Guadarrama, C., y Zizumbo, D. (1986). El proceso de producción agrícola. *Boletín E.C.A.U.D.Y*, 13.
- Peña-Becerril, J. C., Monroy-Ata, A., Álvarez-Sánchez, F. J., Orozco-Almanza, y Socorro, M. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Consejo Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 91-98.
- Proaño, R., y Nina, D. (2018). Planificación para la implementación de prácticas de restauración. *CONDESAN*, 20-27. <https://condesan.org/recursos/guia-la-restauracion-bosques-montanos-tropicales-modulo-1/>
- Quesada, C., Lloyd, J., Anderson, L., Fyllas, N., Schwarz, M., y Czimczik, C. (2011). Soils of Amazonian with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences* (8), 1415-1440.
- R, C. T. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez, M., Pérez, B., y Orozco, A. (2007). Helechos invasores y sucesión secundaria post-fuego. *Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México*, 18-25.
- Ramírez-Soto, A., García, A., Trujillo, O., Sheseña, I., Gutiérrez, G., Gómez, I., Contreras, I., Angón, S., García, I. (2022). *Guía de Técnicas para la Restauración Ecológica*. Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) para enfrentar el cambio climático en zonas de montaña. La restauración ecológica como estrategia

- complementaria a la agroforestería. CityAdapt, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México.
https://www.researchgate.net/publication/369645434_Guia_de_Tecnicas_para_la_Restauracion_Ecologica
- Reis, A., y Tres, D. R. (2007). Recuperación de áreas degradadas: La función de la nucleación. *Seminário Internacional de Restauración Ecológica*, 2.
- Reis, A., Fernando, C., y Tres, D. R. (2010). Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola*, 244-250.
- Rey, J., Bullock, J., y Newton, A. (2008). Creación de islotes forestales para reconciliar restauración ecológica, conservación y uso agrícola. *Dialnet*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6474794>
- Reyes, H. (2020). Artículos de Revisión. *Academia Chilena de Medicina*, 148, 103-108.
<https://www.scielo.cl/pdf/rmc/v148n1/0717-6163-rmc-148-01-0103.pdf>
- Rodrigues, B. D., Martins, S. V., y Leite, H. G. (2010). Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. *Revista Árvore*, 65-73.
- Rodríguez, J. (2001). La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana. *Interciencia*, 479-483.
- Romero, C. R. (2008). Efectos de algunas prácticas, solas y combinadas, para el control de helechos pteridium aquilinum en potreros. *Tesis de Grado - FIMCP. Universidad del litoral*.
- Sanchez, D., Moreno, J., y Espinosa, J. (2022). Suelos Ecuador / Uso del Suelo. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/360783766_Suelos_Ecuador_Uso_del_Suelo/citation/download
- Sánchez, O., y Peters, E. (2005). Temas sobre Restauración Ecológica.
https://www.researchgate.net/publication/291425685_Temas_sobre_Restauracion_Ecologica/citation/download
- Sanchún, A., Botero, R., Morera, A., Obando, G., Russo, R. O., Scholz, C., y Spinola, M. (2016). Restauración funcional del paisaje rural. *manual de técnicas. UICN, San José, Costa Rica*.
- Sandoval, R., Jimenez, J., Yerena, J., Aguirre, O., Alanís, E., y Gómez, M. (2022). Estrategias de restauración ecológica asociadas a reforestaciones de Pinus cembroides Zucc., en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey. *Madera bosques vol.28 no.2 Xalapa*.
- SER, I. S. (2004). *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas.
https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

- SERFOR, S. N. (2018). *Lineamientos para la Restauración de Ecosistemas Forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre*. Lima, Perú.
- Soto, A., G-Valencia, A., Santos, O., Sheseña Hernandez, I., Sosa, G., Sánchez, I., Garcia Coll, I. (2023). Guía de Técnicas para la Restauración Ecológica.
- Tanya, M., y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 93-103.
- Tillaguango, J. (2022). Evaluación del manejo de áreas de páramo antrópico afectadas por incendios forestales y ocupadas por *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon (Llashipa) en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” . *Universidad Nacional de Loja* .
- Tres, D. (2006). Restauração ecológica de uma mata ciliar em uma fazenda produtora de Pinus taeda L. no norte do Estado de Santa Catarina. *Dissertação Mestrado em Biologia Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis*.
- Trujillo, L., López, A., y Vargas, O. (2008). Lluvia de semillas en borde de bosque. *Universidad Nacional de Colombia*, 282-293.
- Tscharntke, T., Yann, C., Wanger, T. C., y Whitbread, A. (2012). Global Food Security, Biodiversity Conservation and the Future of Agricultural Intensification. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/256669057_Global_Food_Security_Biodiversit_y_Conservation_and_the_Future_of_Agricultural_Intensification
- Urbano, J. (2001). Consideraciones metodológicas para la recuperación de tierras áridas degradadas. *Observatorio medioambiental*, 49-89.
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Bogotá, Colombia.: Grupo de Restauración Ecológica. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 221-246.
- Vargas, O. y Mora, F. (2008). La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. https://www.researchgate.net/publication/260554923_La_restauracion_ecologica_Su_con_texto_definiciones_y_dimensiones
- Vásquez, J., Bautista, C., Pumacayo, F., Rivadeneyra, R. y Rodríguez, G. (2022). La Política Nacional del Ambiente en el Perú y el respeto a los derechos consuetudinarios de los pueblos indígenas frente a la degradación forestal. *Justicia Ambiental. Revista Del Poder Judicial Del Perú Especializada En La Protección Del Ambiente*, 31-41.
- Viana, V., Maurício, R., Matta-Machado, R., y Pimenta, I. (2002). Manejo de la regeneración natural de especies arbóreas nativas para la formación de sistemas silvopastoriles en las zonas de bosques secos del sureste de Brasil. *Agroforestería en las Américas*, 33-34.

- Vieira, N. K. (2004). O papel do banco de sementes na restauração de restinga sob talhão de *Pinus elliottii* Engelm. *Doctoral dissertation, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.*
- Villalobos, V. B. (2019). Estrategias de restauración de ecosistemas en un sitio degradado del bosque húmedo premontano transición seca. *Repertorio Científico*, 37-58. doi:<https://doi.org/10.22458/rc.v21i2.2408>
- Wadsworth, F. (2000). Producción Forestal para América Tropical. *Forest Production for Tropical America*, 240-243.
- Williams, E. (1984). Changes during 3 years in the size and composition of seed bank beneath a long-term pasture as influenced by defoliation and fertilizer regime. *Journal of Applied Ecology*, 21 (2), 603-615.
- Zaragoza, C. y Del Monte, J. P. (2004). La introducción de especies vegetales y la valoración del riesgo de que se conviertan en malas hierbas. *Dialnet*, 65-78.

11. Anexos

Anexo 1. Registro de la composición florística áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

		
<i>Pteridium esculentum</i> subsp. <i>aracnoideo</i> (Kaulf.) JAThompson	<i>Viola arguta</i> Humb.&Bonpl. ex Willd.	<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.
		
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	<i>Holcus lanatus</i> L	<i>Cyperus rotundus</i> L
		
<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	<i>Gnaphalium pulchrum</i> Steud.	<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling
		
<i>Chaetogastra laxa</i> (Desr.) PJFGuim. y Miguel Ángel.	<i>Monochaetum lineatum</i> Naudin	<i>Oreocallis grandiflora</i> R.Br.
		
<i>Stemodia suffruticosa</i> Kunth	<i>Cuphea ciliata</i> Ruiz y Pav.	<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth



Viburnum triphyllum Benth.



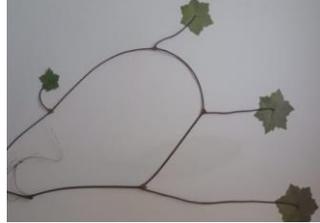
Bidens pilosa L



Bidens andicola Kunth



Erigeron canadensis L.



Hydrocotyle bonplandii A.Rich.



Dorobaea laciniata (Kunth)
B.Nord. y Pruski



Melinis minutiflora P. Beauv.



Arcytophyllum setosum (Ruiz &
Pav.) Schtdl.



Drymaria cordata Willd. ex
Schult.



Canna indica L



Baccharis nitida Pers.



Rubus ulmifolius Schott

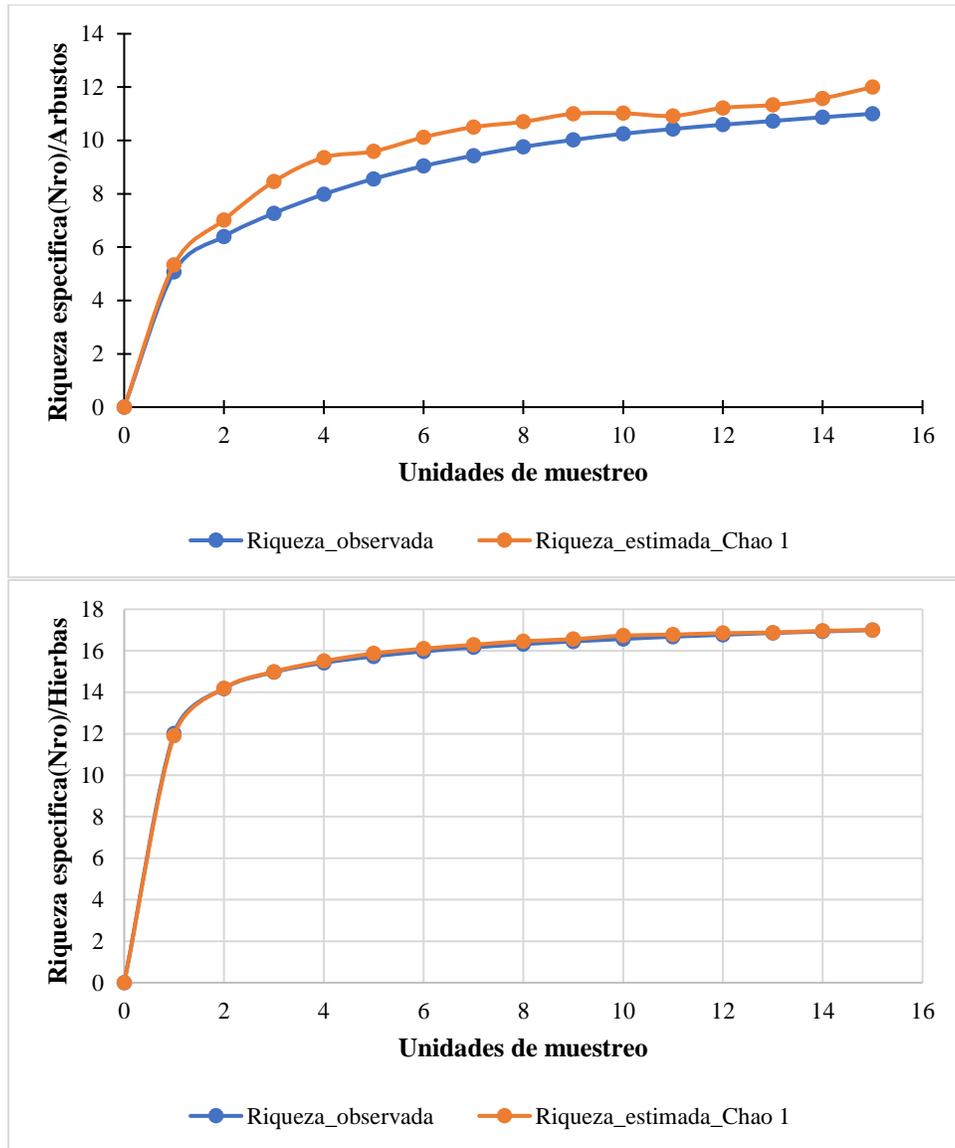


Dracaena sp



Pinus patula Schtdl. & Cham.

Anexo 2. Riqueza específica estimada con curvas de acumulación de especies para arbustos y hierbas identificadas en áreas abandonadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.



Anexo 3. Procedimiento para el cálculo de índice de Shannon.

Hierba				
Especie	Cobertura promedio	Pi	Ln Pi	Pi*LN Pi
<i>Bidens pilosa</i> L	2	0.011	-4.500	0.04999789
<i>Bidens andicola</i> Kunth	5	0.028	-3.584	0.09954219
<i>Canna indica</i> L	1	0.006	-5.193	0.02884976
<i>Cuphea ciliata</i> Ruiz y Pav.	14	0.078	-2.554	0.19863663
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	15	0.083	-2.485	0.20707555
<i>Cyperus rotundus</i> L	13	0.072	-2.628	0.18980054
<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	12	0.067	-2.708	0.18053668
<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.	14	0.078	-2.554	0.19863663
<i>Dorobaea laciniata</i> (Kunth) B.Nord. y Pruski	9	0.050	-2.996	0.14978661
<i>Drymaria cordata</i> Willd. ex Schult.	5	0.028	-3.584	0.09954219
<i>Erigeron canadensis</i> L.	11	0.061	-2.795	0.170809
<i>Gnaphalium pulchrum</i> Steud.	11	0.061	-2.795	0.17080932
<i>Holcus lanatus</i> L	11	0.061	-2.795	0.17080932
<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A.Rich.	13	0.072	-2.628	0.18980054
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	14	0.078	-2.554	0.19863663
<i>Pteridium esculentum subsp. aracnoideo</i> (Kaulf.) JAThompson	15	0.083	-2.485	0.20707555
<i>Viola arguta</i> Humb.&Bonpl. ex Willd.	15	0.083	-2.485	0.20707555
Total general	180	1.000	0.000	2.74
Arbustos				
Estecie	Abundancia	Pi	Ln Pi	Pi*LN Pi
<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schltl.	3	0.039	-3.232	-0.1275837
<i>Baccharis nitida</i> Pers.	3	0.039	-3.232	-0.1275837
<i>Dracaena</i> sp	1	0.013	-4.331	-0.0569833
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	3	0.039	-3.232	-0.1275837
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	14	0.184	-1.692	-0.3116245
<i>Monochaetum lineatum</i> Naudin	6	0.079	-2.539	-0.2004453
<i>Oreocallis grandiflora</i> R.Br.	1	0.013	-4.331	-0.0569833
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	12	0.158	-1.846	-0.2914463
<i>Stemodia suffruticosa</i> Kunth	15	0.197	-1.623	-0.3202664
<i>Chaetogastra laxa</i> (Desr.) PJFGuim. y Miguel Ángel.	15	0.197	-1.623	-0.3202664
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	3	0.039	-3.232	-0.1275837
Total general	76	1.000	0.000	2.068

Anexo 4. Valores de los parámetros estructurales por especie herbácea en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Especie	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	IVIs (%)
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	13.09	6.54	19.63
<i>Pteridium esculentum</i> subsp. aracnoideo (Kaulf.) JAThompson	8.59	4.30	12.89
<i>Cyperus rotundus</i> L.	6.78	3.39	10.17
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	5.31	2.66	7.97
<i>Gnaphalium pulchrum</i> Steud.	2.71	1.36	4.07
<i>Viola arguta</i> Humb.&Bonpl. ex Willd.	2.58	1.29	3.86
<i>Holcus lanatus</i> L.	2.46	1.23	3.69
<i>Erigeron canadensis</i> L.	1.85	0.93	2.78
<i>Cuphea ciliata</i> Ruiz y Pav.	1.18	0.59	1.77
<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A.Rich.	1.17	0.58	1.75
<i>Bidens pilosa</i> L.	0.93	0.46	1.39
<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.	0.59	0.29	0.88
<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	0.54	0.27	0.81
<i>Bidens andicola</i> Kunth	0.43	0.22	0.65
<i>Drymaria cordata</i> Willd. ex Schult.	0.37	0.19	0.56
<i>Dorobaea laciniata</i> (Kunth) B.Nord. y Pruski	0.34	0.17	0.52
<i>Canna indica</i> L.	0.31	0.15	0.46

Anexo 5. Valores de los parámetros estructurales por especie arbustiva en áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Especie	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	IVIs (%)
<i>Stemodia suffruticosa</i> Kunth	24.28	9.87	34.15
<i>Lepechinia mutica</i> (Benth.) Epling	7.68	9.21	16.89
<i>Chaetogastra laxa</i> (Desr.) PJFGuim. y Miguel Ángel.	6.05	9.87	15.91
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	5.74	7.89	13.63
<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schltdl.	3.48	1.97	5.46
<i>Monochaetum lineatum</i> Naudin	1.43	3.95	5.38
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	0.41	1.97	2.38
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	0.41	1.97	2.38
<i>Baccharis nitida</i> Pers.	0.31	1.97	2.28
<i>Dracaena</i> sp	0.10	0.66	0.76
<i>Oreocallis grandiflora</i> R.Br.	0.10	0.66	0.76

Anexo 6. Registro final de la composición florística áreas abandonadas por agricultura del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.



Pteridium esculentum subsp. aracnoideo (Kaulf.) JAThompson



Viola arguta Humb.&Bonpl. ex Willd.



Desmodium molliculum (Kunth) DC.



Cynodon dactylon (L.) Pers



Holcus lanatus L



Cyperus rotundus L



Daucus montanus Humb. & Bonpl. ex Schult.



Gnaphalium pulchrum Steud.



Lepechinia mutica (Benth.) Epling



Chaetogastra laxa (Desr.) PJFGuim. y Miguel Ángel.



Monochaetum lineatum Naudin



Oreocallis grandiflora R.Br.



Stemodia suffruticosa Kunth



Cuphea ciliata Ruiz y Pav.



Gaultheria reticulata Kunth



Viburnum triphyllum Benth.



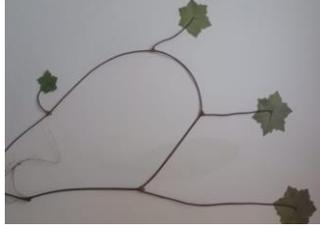
Bidens pilosa L



Bidens andicola Kunth



Erigeron canadensis L.



Hydrocotyle bonplandii A.Rich.



Dorobaea laciniata (Kunth)
B.Nord. y Pruski



Melinis minutiflora P. Beauv.



Arcytophyllum setosum (Ruiz &
Pav.) Schldtl.



Drymaria cordata Willd. ex
Schult.



Canna indica L



Baccharis nitida Pers.



Rubus ulmifolius Schott



Dracaena sp



Pinus patula Schltdl. & Cham.



Rubiaceae sp



Galium sp.



Oxalis sp.



Thunbergia alata Bojer ex Sims



Phytolacca bogotensis Kunth



Hydrocotyle leucocephala Cham.
& Schltl.



Gamochaeta sp.



Dennstaedtiaceae sp



Spermacoce tenuior L.

Anexo 7. Certificado de traducción del resumen del Trabajo de Integración.

Loja, 05 de septiembre del 2024

Yo, Elyan Miguel Torres Cabrera, con número de cédula 1150175055, Licenciado en Ciencias de la Educación con Mención en inglés.

CERTIFICO:

Haber realizado la traducción textual del documento adjunto, correspondiente al trabajo de integración curricular denominado: **Evaluación preliminar de técnicas de restauración activa en la diversidad y composición florística en áreas degradadas por agricultura en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”**, elaborado por **Angel Alcivar Vera Abad**, con número de cédula 1150492682

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador el presente documento para el trámite correspondiente.

Atentamente. -



ELYAN MIGUEL TORRES
CABRERA

Lic. Elyan Torres Cabrera
C.I: 1150175055
Telf.: 0984661493
Correo electrónico: torreselian737@gmail.com