



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales

Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Crecimiento inicial de tres especies forestales establecidas en un ensayo de restauración ecológica en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, cantón y provincia de Loja

Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del título de Ingeniería Forestal

AUTORA:

Ivett Carolina Pacheco Cueva

DIRECTORA:

Ing. Vanessa Alexandra Granda Moser Mg. Sc.

Loja– Ecuador

2024

Certificación

Loja, 07 de julio de 2023

Ing. For. Vanessa Alexandra Granda Moser, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Crecimiento inicial de tres especies forestales establecidas en un ensayo de restauración ecológica en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, cantón y provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniería Forestal**, de la autoría de la estudiante **Ivett Carolina Pacheco Cueva**, con **cédula de identidad Nro. 1150458386**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.


.....
Vanessa Alexandra Granda Moser Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo, **Ivett Carolina Pacheco Cueva**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150458386

Fecha: 22 de febrero del 2024

Correo electrónico: ivett.pacheco@unl.edu.ec

Teléfono: 0981031545

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

Yo, **Ivett Carolina Pacheco Cueva**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Crecimiento inicial de tres especies forestales establecidas en un ensayo de restauración ecológica en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, cantón y provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Digital Institucional.

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

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

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

Firma:



Autora: Ivett Carolina Pacheco Cueva

Cédula de identidad: 1150458386

Dirección: Clodoveo Jaramillo

Correo electrónico: ivett.pacheco@unl.edu.ec

Teléfono: 0981031545

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora de Titulación: Ing. For. Vanessa Alexandra Granda Moser, Mg. Sc.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, que es la fuente de toda sabiduría y orientación, por acompañarme y guiarme en este difícil pero gratificante proceso académico; a mis padres, Nancy Cueva y Rafael Pacheco, quienes han sido mi fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría a lo largo de esta travesía académica, su constante aliento y sacrificio han sido la luz que ilumina mi camino, son mi ejemplo e inspiración y en especial a mí pequeño gran tesoro, Dominick Gael Luna, mi razón de ser, mi mayor inspiración y mi mayor alegría, cada paso en este viaje académico ha sido impulsado por el deseo de construir un futuro mejor para ti. Eres mi motivación diaria y mi mayor logro.

A mi familia, por su paciencia, comprensión y sacrificios compartidos, este logro no habría sido posible sin su amor incondicional y su apoyo constante. Gracias por creer en mí y por acompañarme en cada paso de este camino.

Ivett Carolina Pacheco Cueva

Agradecimiento

A Dios, cuya infinita sabiduría y guía han iluminado mi camino durante este viaje académico, permitiéndome alcanzar la meta de mi titulación.

A mi querida madre, Nancy Cueva, y al recuerdo imborrable de mi padre, Rafael Pacheco (+), por su amor incondicional, apoyo constante y los sacrificios que hicieron posible este logro.

A la Universidad Nacional de Loja y a sus dedicados docentes, quienes han contribuido de manera invaluable a mi formación académica. Su compromiso con la excelencia ha dejado una marca indeleble en mi camino hacia el conocimiento.

Expreso mi profundo agradecimiento a mi directora de trabajo de titulación, la Ing. Vanessa Granda, por su dedicación, orientación y valioso aporte que guiaron este proyecto hacia la culminación exitosa.

También, agradezco al técnico del Parque Universitario “Francisco Vivar castro”, Ing. Leonardo González, por su colaboración y apoyo técnico, elementos fundamentales en el desarrollo de este trabajo.

A mis queridas amigas, cuya amistad ha sido un pilar fundamental en este trayecto, sus palabras de aliento y apoyo incondicional han llenado de alegría y fortaleza mi jornada académica.

Este logro no hubiera sido posible sin la contribución significativa de cada una de estas personas e instituciones. Mi sincero agradecimiento a todos.

Ivett Carolina Pacheco Cueva

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Error! Marcador no definido.	
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1 Matorral Andino	7
4.2 Disturbio ecológico.....	8
4.3 Restauración ecológica	9
4.3.1 Conceptualización	9
4.3.2 Tipos de restauración ecológica	9
4.4 Variables utilizadas para el monitoreo de ensayos de restauración de especies forestales nativas	10
4.5 Factores que influyen en el desarrollo de las especies forestales	11
4.6 Descripción de las especies forestales establecidas en el ensayo de restauración	14
4.7 Técnicas usadas para la restauración de ecosistemas en el Ecuador	17
5. Metodología	19
5.1 Ubicación de área de estudio	19
5.1.1 Ubicación política y geográfica.....	19
5.1.2 Características biofísicas del área de estudio	19
5.2 Diseño de muestreo y recopilación de información en campo	20
5.2.1 Selección del sitio.....	20

5.2.2	Establecimiento de los ensayos de restauración en el matorral andino.....	21
5.2.3	Recolección de datos en campo.....	22
5.3	Determinación de la sobrevivencia, crecimiento e incremento de las especies forestales establecidas en el matorral andino del PUFVC.....	22
5.3.1	Sobrevivencia	22
5.3.2	Cálculo del crecimiento en diámetro basal y altura	22
5.4	Evaluación del estado fitosanitario y daños mecánicos de las tres especies forestales .	23
5.4.1	Estado fitosanitario.....	23
5.4.2	Daño mecánico	24
5.5	Evaluación de las variables de suelo	24
5.6	Análisis estadísticos.....	24
6.	Resultados.....	26
6.1	Sobrevivencia y mortalidad de las tres especies forestales	26
6.2	Crecimiento e incremento de diámetro basal y altura total de las tres especies forestales.....	27
6.3	Estado fitosanitario y daños mecánicos de tres especies forestales.....	29
6.3.1	Estado fitosanitario.....	29
6.4	Daños mecánicos de las tres especies forestales.....	32
6.5	Variables físicas de los ensayos de restauración	33
6.6	Correlación de variables dasométricas y factores edáficos	33
7.	Discusión.....	37
7.1	Sobrevivencia y mortalidad de las especies.....	37
7.2	Incremento de diámetro y altura	37
7.3	Estado fitosanitario de las especies.....	38
7.4	Correlación entre las variables dasométricas y los factores edáficos	39
8.	Conclusiones.....	40
9.	Recomendaciones.....	41
10.	Bibliografía.....	42
11.	Anexos.....	551

Índice de tablas:

Tabla 1. Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas.....	22
Tabla 2. Categorización del estado fitosanitario para las tres especies forestales establecidas en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	23
Tabla 3. Rangos de la correlación de Pearson.....	25
Tabla 4. Crecimiento en altura y diámetro basal de tres especies forestales establecidas en dos ensayos de restauración del matorral andino en el PUFVC.	27
Tabla 5. Matriz de correlación/Coeficientes del crecimiento en diámetro y altura y variables edáficas del ensayo I. Nota Db= diámetro basal; Ht= altura total; Ao= arena; Ac= arcilla; D.A densidad aparente; MO= materia orgánica; C= carbono.....	33
Tabla 6. Matriz de correlación/Coeficientes del crecimiento en diámetro y altura y variables edáficas del ensayo II. Nota Db= diámetro basal; Ht= altura total; Ao= arena; Ac= arcilla; D. densidad aparente; MO= materia orgánica; C= carbono.....	35

Índice de figuras:

Figura 1. Ubicación de los ensayos de restauración en el matorral andino del parque Universitario " Francisco Vivar Castro	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Diseño de los ensayos de restauración en el matorral andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro".....	21
Figura 3. Supervivencia y mortalidad de tres especies forestales establecidas en el matorral andino del PUFVC (ensayo I).....	26
Figura 4. Supervivencia y mortalidad de tres especies forestales establecidas en el matorral andino del PUFVC (ensayo II).....	27
Figura 5. Crecimiento de diámetro basal de tres especies forestales establecidas en el ensayo II de restauración en el matorral andino del PUFVC. Letras diferentes muestran significancia.	28
Figura 6. Crecimiento de diámetro basal de tres especies forestales establecidas en el ensayo II de restauración en el matorral andino del PUFVC. Letras diferentes muestran significancia.	28
Figura 7. Crecimiento de altura de tres especies forestales establecidas en I ensayo de restauración en el matorral andino en el PUFVC Letras diferentes muestran significancia....	29
Figura 8. Crecimiento de altura de tres especies forestales establecidas en II ensayo de restauración en el matorral andino en el PUFVC Letras diferentes muestran significancia....	29
Figura 9. Estado fitosanitario de las tres especies <i>Handroanthus chrysanthus</i> , <i>Lafoensia acuminata</i> y <i>Podocarpus sprucei</i> en el ensayo I en el PUFVC.	30
Figura 10. Estado fitosanitario de las tres especies <i>Handroanthus chrysanthus</i> , <i>Lafoensia acuminata</i> y <i>Podocarpus sprucei</i> en el ensayo II en el PUFVC.....	30
Figura 11. Agentes causales de la sintomatología Antracnosis en <i>Podocarpus sprucei</i>	31
Figura 12. Agentes causales de la sintomatología <i>Alternaria</i> en <i>Handroanthus chrysanthus</i> .	31

Figura 13. Agentes causales de la sintomatología <i>Oidium</i> + <i>Alternaria</i> en <i>Lafoensia acuminata</i>	32
Figura 14. Daños mecánicos en las especies plantadas en el ensayo I.	32
Figura 15. Daños mecánicos en las especies plantadas en el ensayo II.	33
Figura 16. Biplot de las variables edáficas en el ensayo I, establecido en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.	34
Figura 17. Biplot de las variables edáficas en el ensayo II, establecido en el Parque Castro.	36

Índice de anexos:

Anexo 1. Inventario del crecimiento de diámetro basal y altura total; sobrevivencia, estado fitosanitario y daño mecánico de las especies forestales plantadas en los dos ensayos en el matorral andino del PUFVC..... ¡Error! Marcador no definido.

Anexo 2. Hoja de campo para la medición de las tres especies establecidas en el PUFVC... **63**

Anexo 3. Los datos de las variables físicas y químicas del suelo en el ensayo I del PUFVC. **63**

Anexo 4. Los datos de las variables físicas y químicas del suelo en el ensayo I del PUFVC. **64**

Anexo 5. Certificado de traducción del resumen..... **18**

1. Título

Crecimiento inicial de tres especies forestales establecidas en un ensayo de restauración ecológica en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, cantón y provincia de Loja

2. Resumen

El matorral andino es un ecosistema que alberga una alta diversidad en vegetación nativa, pese a su importancia biológica ha sufrido constantes alteraciones por incendios, explotación de especies, siembra de especies exóticas y ampliación de la frontera agrícola, que ha provocado su degradación. Este estudio tuvo el objetivo de evaluar la sobrevivencia e incremento en diámetro y altura y, analizar los factores edáficos del sitio que están relacionados en el desarrollo de las tres especies forestales en la primera fase del ensayo de restauración ecológica. Las especies se sembraron tres especies nativas: *Lafoensia acuminata*, *Podocarpus sprucei* y *Handroanthus chrysanthus* en parcelas uniformes, con una distancia de 3 x 3 m entre cada individuo y 60 individuos por especie en cada ensayo. Se midió el diámetro basal y la altura de las especies y características del suelo: textura, pendiente, densidad aparente, pH, materia orgánica y carbono y el estado fitosanitario de las plantas, al inicio del ensayo y luego de 11 meses de monitoreo. Se calculó sobrevivencia, incrementos en diámetro basal, altura total, y la relación del crecimiento con variables del suelo. Se observó alta sobrevivencia de *Lafoensia acuminata* (100 %), *Handroanthus chrysanthus* (≥ 93 %) y *Podocarpus sprucei* (≥ 85 %). El diámetro basal, en el ensayo I, fue mayor de 0,7 cm en *Handroanthus chrysanthus*, seguido de *Podocarpus sprucei* con 0.14 cm y *Lafoensia acuminata* con 0.12 cm. En el ensayo II, *Handroanthus chrysanthus* mostró el mayor crecimiento con 0.12 cm, seguido de *Podocarpus sprucei* con 0.10 cm y *Lafoensia acuminata* con 0.09 cm. En cuanto a la altura, *Lafoensia acuminata* registró el mayor crecimiento en ambos ensayos, con 5.55 cm en el ensayo I y 2.93 cm en el ensayo II, seguido de *Podocarpus sprucei* y *Handroanthus chrysanthus*. Hubo diferencias significativas ($< 0,0001$) en el aumento del diámetro basal y la altura total entre *Lafoensia acuminata* y *Handroanthus chrysanthus*. Las variables edáficas relacionadas con el crecimiento inicial fueron pH, densidad aparente, materia orgánica y carbono. Preliminarmente se concluye que las tres especies muestran potencial para la reforestación de este matorral andino; *Lafoensia acuminata* fue la que tuvo mejor supervivencia inicial y mayor crecimiento.

Palabras clave: restauración ecológica, dinámica de crecimiento, especies forestales, monitoreo, factores edáficos.

2.1 Abstract

The Andean scrubland is an ecosystem that harbors a high diversity of native vegetation, despite its biological importance, it has suffered constant alterations due to fires, species exploitation, planting of exotic species and expansion of the agricultural frontier, which has caused its degradation. The objective of this study was to evaluate the survival and increase in diameter and height, and to analyze the edaphic factors of the site that are related to the development of the three forest species in the first phase of the ecological restoration trial. Three native species were planted: *Lafoensia acuminata*, *Podocarpus sprucei* and *Handroanthus chrysanthus* in uniform plots, with a distance of 3 x 3 m between each individual and 60 individuals per species in each trial. Basal diameter and height of the species and soil characteristics were measured: texture, slope, bulk density, pH, organic matter and carbon, and the phytosanitary status of the plants, at the beginning of the trial and after 11 months of monitoring. Survival, increases in basal diameter, total height, and the relationship of growth with soil variables were calculated. High survival of *Lafoensia acuminata* (100 %), *Handroanthus chrysanthus* (≥ 93 %) and *Podocarpus sprucei* (≥ 85 %) was observed. Basal diameter, in trial I, was greater than 0.17 cm in *Handroanthus chrysanthus*, followed by *Podocarpus sprucei* with 0.14 cm and *Lafoensia acuminata* with 0.12 cm. In trial II, *Handroanthus chrysanthus* showed the highest growth with 0.12 cm, followed by *Podocarpus sprucei* with 0.10 cm and *Lafoensia acuminata* with 0.09 cm. In terms of height, *Lafoensia acuminata* recorded the highest growth in both trials, with 5.55 cm in trial I and 2.93 cm in trial II, followed by *Podocarpus sprucei* and *Handroanthus chrysanthus*. There were significant differences (< 0.0001) in the increase in basal diameter and total height between *Lafoensia acuminata* and *Handroanthus chrysanthus*. The edaphic variables related to initial growth were pH, bulk density, organic matter and carbon. Preliminarily, it is concluded that the three species show potential for reforestation of this Andean shrubland; *Lafoensia acuminata* was the one with the best initial survival and growth.

Keywords: ecological restoration, growth dynamics, forest species, monitoring, edaphic factors.

3. Introducción

En la actualidad se estima que los bosques ocupan 4 060 millones de hectáreas en todo el mundo; de las cuales, 1 827 millones de hectáreas son bosques tropicales (FAO, 2022), considerados los ecosistemas más diversos y productivos del planeta (Krogh, 2021). Dependiendo de las condiciones climáticas locales y la altitud, los bosques tropicales pueden variar desde bosques de hoja perenne y semiperenne con vegetación exuberante, como los bosques tropicales del Amazonas o los bosques andinos que son ecosistemas de montaña con un amplio rango de elevación ONU (Organización de las Naciones Unidas, 1993; Rangel et al., 1997).

Dentro de los ecosistemas se destacan los Andes tropicales considerados como *hotspots* de la biodiversidad (Marchese, 2015) Estos ecosistemas son reconocidos por su incomparable riqueza de especies y endemismo, además, proporcionan diferentes beneficios sociales para la población mundial como la provisión de agua dulce, regulación del clima y proporcionar productos maderables y no maderables que ayudan a dinamizar la economía local. Sin embargo, los bosques y matorrales Andinos se están reduciendo su cobertura a un ritmo acelerado debido a las constantes presiones como la expansión de la frontera agrícola y ganadera, tala ilegal, incendios, caza, colonización en general y otras actividades que los degradan, lo que ha generado inestabilidad en los esfuerzos internacionales para poder mitigar la deforestación por estos factores y así lograr el desarrollo sostenible precautelando los derechos humanos sobre el uso y acceso a los recursos naturales (Busch y Engelmann, 2017).

En Ecuador el matorral andino, es un ecosistema frágil caracterizados por su singular diversidad biológica y rareza (Cuesta et al., 2009). Aguirre et al. (2019) mencionan que se encuentra en una importante región ecológica. En este ecosistema, la estructura y dinámica de la vegetación, se ve fuertemente afectada por la transformación de la cobertura forestal a otros usos de la tierra, siendo uno de los principales efectos la fragmentación, degradación y pérdida de la biodiversidad (Linares-Palomino et al., 2010).

Para enfrentar esta problemática, el Estado Ecuatoriano viene ejecutando acciones de conservación del patrimonio natural, siendo una de estas la restauración ecológica como un mecanismo para revertir los procesos de degradación de los ecosistemas. Un ejemplo de esto, ha sido la implementación del Plan Nacional de Restauración 2019 - 2030, el cual plantea metas aproximadas de 10 000 hectáreas anuales de restauración en áreas degradadas, por medio de dos modalidades: a. Pasiva, que implica la eliminación de los factores de disturbio y permite que la regeneración natural ocurra y b. la restauración activa, que además de suprimir los factores de tensión, implica la intervención directa del ser humano sobre la estructura y características del

ecosistema dañado y superar las barreras que limitan la recuperación (Holl y Aide, 2011; MAE, 2019).

Las tasas de recuperación a través de la restauración pasiva son altamente variables y en algunos casos no tienen éxito ya que, dependen de múltiples factores. Particularmente, se ha reportado que los factores que limitan la regeneración del matorral andino después de su conversión a potreros son la ocurrencia de fuego, la competencia con especies pioneras, el desacoplamiento de las interacciones, microhábitat desfavorable y la ausencia de dispersores de semillas y la lejanía a fuentes de propágulos (Holl et al., 2000; Pedraza y Williams-Linera, 2003).

Una alternativa para acelerar la regeneración y superar las barreras mencionadas anteriormente, es la restauración activa por medio de la siembra de plantaciones mixtas con especies nativas (Bremer y Farley, 2010; Williams-Linera et al., 2011). Esto contribuye a mejorar las condiciones de fertilidad del suelo, ayudan al desarrollo de un dosel que inhibe el estrato herbáceo y mejora las condiciones del microhábitat para el establecimiento de una mayor diversidad de la vegetación leñosa, incluyendo especies de estados sucesionales más avanzados (Ruiz-Jaén & Aide, 2005; Montagnini, 2008; Zahawi et al., 2013; Wilson & Rhemtulla, 2016).

En este sentido, la presente investigación tiene la finalidad de generar información y comprender el comportamiento inicial de tres especies nativas: *Podocarpus sprucei* Parl, *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose y *Lafoensia acuminata* (Ruiz y Pav.) DC., establecidas en ensayos de restauración ecológica en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro de la Universidad Nacional de Loja. A través del monitoreo se evaluó el comportamiento inicial mediante variables como la sobrevivencia, crecimiento y su relación con los factores ambientales. La información generada puede ser utilizada para tomar decisiones y ayudar a revertir los procesos de degradación de este ecosistema. Con base en lo mencionado se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general

Contribuir al conocimiento sobre el crecimiento inicial de tres especies forestales establecidas en el Ensayo de Restauración Ecológica en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro

Objetivos específicos

- Evaluar el porcentaje de sobrevivencia e incremento en diámetro y altura de las tres especies forestales en la primera fase de plantación en el ensayo de restauración ecológica.

- Analizar los factores edáficos del sitio que están relacionados con la sobrevivencia y desarrollo de las especies.
- Socializar los resultados de la investigación con los docentes, investigadores y estudiantes de la FARNR.

4. Marco teórico

4.1 Matorral Andino

El matorral andino es un tipo de ecosistema que se encuentra en los Andes, a una altitud entre 2 500 y 3 500 m s.n.m. conocido también como bosque enano de altura donde están presentes elementos florísticos del bosque montano alto pero de menor tamaño debido a las condiciones ambientales, topográficas y edáficas extremas, se identifica por presentar una alta abundancia en arbustos, árboles de tamaño pequeño y mediano (Aguirre, 2013; MAE, 2013) existen hierbas, pastos, vegetación densa, entrelazada, y con presencia de estratos de gramíneas, y pueden incluir especies de plantas introducidas por la actividad humana (Baquero et al., 2004).

Los matorrales Andinos en Ecuador se encuentran principalmente en la región de la Sierra, que es la zona montañosa de los Andes en el centro del país, se distribuyen principalmente en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Pichincha, Tungurahua y Zamora Chinchipe. Existen varios lugares en Ecuador donde se pueden encontrar matorrales Andinos, algunos de estos lugares son: Parque Nacional Sangay, Parque Nacional Cajas, Reserva ecológica el Cajas, Reserva ecológica Yanacocha, Reserva ecológica Antisana, Reserva ecológica el Ángel, Reserva ecológica Cotacachi-Cayapas, Reserva ecológica el Ángel-Mica, Reserva ecológica Chimborazo, Reserva ecológica el Chaco, Parque Nacional Llanganates y la Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapa

En la región sur, los matorrales andinos se encuentran localizados especialmente en las áreas que bordean la Cordillera de los Andes, en las provincias de Zamora Chinchipe y Loja se puede encontrar en Zamora Huaico, faldas del Villonaco, Cajanuma, La Argelia vía a Uritusinga, partes bajas de Cajanuma vía a Rumishitana, en Solamar, partes bajas del Sañe, Santiago y Loma del Oro, además en Saraguro, Selva Alegre, Ahuaca y Utuana en Cariamanga, en Amaluza en Huacupamba, Santa Teresita, Jimbura hacia las lagunas, partes altas de Celica vía a Huachanamá. En Guanazán y Chilla en la provincia de El Oro. Incluye el denominado “chaparro” propio de estas zonas que constituye una vegetación arbustiva densa, producto de alteraciones anteriores (Lozano, 2002).

En todo el país este ecosistema se caracteriza por la presencia de especies arbustivas de los géneros *Baccharis*, *Gynoxys*, *Brachyotum*, *Lepechinia*, *Dendrophorbium*, *Pappobolus*, *Gynoxys*, *Gaultheria*, *Freziera*, *Tibouchina*, *Morella*, *Piper*, *Clinopodium*, *Bejaria*, *Oreocallis*, *Palicourea*, también podemos encontrar especies arbóreas del género *Clethra*, *Axinaea*, *Alnus*, *Prunus*, *Oreopanax*, *Verbesina*, *Vismia* entre otros (Jaramillo et al., 2004; Muñoz Chamba et al., 2022).

Los matorrales andinos de la región sur están ubicados en áreas con fuertes pendientes y complejos gradientes ambientales, esto los convierte en ecosistemas frágiles y vulnerables a constantes procesos de erosión (Bussmann, 2002). A esto se suman las constantes amenazas como la deforestación, quemas no controladas, introducción de especies exóticas y cambio de uso de suelo, lo cual genera presión a los bosques y se promueve la degradación (Chuncho & Chuncho, 2019).

Por lo que se considera el matorral andino un ecosistema importante, para la conservación de la biodiversidad, ya que alberga numerosas especies endémicas y en peligro de extinción, asimismo, la protección de los suelos desempeña un papel importante en la ayuda de la erosión y pérdida de nutrientes, los arbustos y árboles de esta formación vegetal pueden contribuir con la estabilidad del suelo y retener la humedad, lo que es especialmente importante en una región donde las precipitaciones son irregulares y la temporada seca puede ser prolongada, la regulación del clima tiene un impacto a nivel local y regional, ya que puede ayudar a reducir la velocidad del viento, moderar las temperaturas extremas y retener el agua en la atmósfera (Llambí et al., 2012).

La recuperación natural en estas áreas es cada vez limitada debido a la lejanía de los remanentes boscosos que son fuentes de semillas y hábitats de dispersores (Stimm et al., 2008). Por lo tanto, es fundamental implementar acciones de revegetación y restauración con especies nativas con el propósito de contribuir a la sucesión secundaria de los ecosistemas andinos degradados y conservar su biodiversidad. Los esfuerzos de conservación son necesarios para proteger este ecosistema único y los valiosos servicios que brinda, por lo que es necesario tener una gestión sostenible de los recursos, especialmente en ecosistemas frágiles, es un aspecto clave en la definición de esta visión integrada (Cuesta et al., 2009).

4.2 Disturbio ecológico

De acuerdo a White & Pickett (1985), un disturbio puede ser definido como un “evento relativamente discreto que produce una alteración o disrupción en la estructura de la población, comunidad o ecosistema y cambia la disponibilidad de recursos y el medio ambiente físico”. Esta definición está basada en cambios cuantificables del medio físico (por ejemplo, los cambios en la biomasa del bosque), que incluyen impactos severos y destructivos en el ecosistema. Por otro lado, Lieberman y Lieberman (1987) sostienen que un disturbio es evento que causa cambios significativos en el patrón existente en el sistema, esto se podría interpretar como el estrés y muerte de un número significativo de especies vegetales dominantes. Los disturbios son eventos claves en los bosques (Farina, 2000; Turner, 2010), los cuales se presentan en la naturaleza a diferentes escalas espaciales y temporales. Estos acontecimientos

modifican y modelan los paisajes forestales, afectando principalmente la dinámica de la vegetación.

En los bosques, los disturbios ecológicos pueden originarse por causas naturales o antrópicas. Los disturbios de origen natural tales como erupciones volcánicas, terremotos, inundaciones, deslaves, caídas de árboles, etc., son claves para promover la sucesión ecológica, reemplazar la composición de especies a través de eventos de extinción y colonización. Sin embargo, los disturbios antrópicos han alterado el régimen de disturbios naturales especialmente en términos de frecuencia, tamaño y severidad, resultando en distintas respuestas de la vegetación y de la biodiversidad. (White y Jentsch, 2001). Por ejemplo, en los ecosistemas andinos los disturbios antrópicos están relacionados con la agricultura y ganadería, quemas, explotación de especies, siembra de especies exóticas, las cuales influyen en la habilidad del ecosistema de recuperarse en forma natural (Bradshaw, 1987). En estos casos, es fundamental asistir al ecosistema a través de la restauración activa, que implica la introducción de especies nativas en áreas alteradas con el propósito de acelerar la recuperación o rehabilitación de los procesos ecológicos.

4.3 Restauración ecológica

4.3.1 Conceptualización

La Sociedad Internacional de restauración, define a la restauración ecológica como el “proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (Gann et al., 2019, p. s8).

Otras definiciones que se utilizan en restauración ecológica por varios autores son las siguientes:

Rehabilitación: enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema con el fin de lograr el restablecimiento de especies y la estructura del ecosistema original.

Reclamación: se da un nuevo uso al ecosistema para una actividad concreta, social y medioambientalmente aceptable

4.3.2 Tipos de restauración ecológica

4.3.2.1 Restauración pasiva

Proceso mediante el cual los ecosistemas se recuperan por sí solos, con un nivel de daño relativamente bajo y preservando la capa superficial del suelo, ocurre de manera intrínseca, este proceso puede darse en períodos de tiempo adecuados y cuando hay poblaciones cercanas que facilitan la recolonización (Prach et al., 2014) y no existen factores exógenos como incendios, erosión, quemas, ganadería extensiva, introducción de especies exóticas de fauna y

flora, cultivos de uso ilícito, entre otros, barreras que limiten su regeneración (Aguirre et al., 2013).

La restauración pasiva tiene grandes beneficios, algunos de los cuales son: bajo costo, conservación de la biodiversidad, protección de agua y del suelo, fomento de la resiliencia, mejora del paisaje, en síntesis, la restauración pasiva es una manera efectiva y rentable de restaurar ecosistemas y proteger la biodiversidad especialmente en áreas protegidas y ecosistemas con poca interferencia humana.

4.3.2.2 Restauración activa

En esta restauración interviene el ser humano, utiliza varias técnicas o procesos para poder recuperar estas áreas que han sido degradadas o alteradas y así rescatar las funciones naturales de los ecosistemas, esta restauración permite mejorar y acelerar los procesos de regeneración natural (MAE, 2019).

Esta intervención puede incluir una serie de medidas diseñadas para ayudar a recuperar el ecosistema y mejora su salud y funcionamiento, algunas de las medidas de restauración incluyen: Eliminación de especies invasoras, reintroducción de especies nativas, rehabilitación de hábitats, restauración de procesos ecológicos (ciclo de nutrientes, polinización, regulación de poblaciones). Esta restauración es necesaria para los ecosistemas que han sufrido daños severos o en los que la recuperación natural no es posible (Anton, 2015).

En estos casos la restauración activa puede ser una herramienta muy efectiva para acelerar la recuperación del ecosistema y restaurar su funcionamiento (Mola et al., 2018), sin embargo, presenta costos notables, asociados con la adquisición de plantas, transporte al área (muchas veces a lugares de difícil acceso), reemplazo de plantas muertas, horas de trabajo, lo que requiere intervención humana, el uso de recursos como maquinaria, materiales, una planificación adecuada y una implementación rigurosa para ser efectiva (Mazón et al., 2017).

4.4 Variables utilizadas para el monitoreo de ensayos de restauración de especies forestales nativas

Sobrevivencia: es la capacidad de adaptarse y sobrevivir en condiciones ambientales cambiantes y hostiles, y de su capacidad para aprovechar los recursos disponibles en su entorno (Morlans, 2004).

Mortalidad: porcentaje de árboles que mueren en un periodo de tiempo dado, se genera por factores endógenos y disturbios exógenos como sustancias tóxicas, agentes patógenos, parásitos y consumidores que afectan a las comunidades vegetales (Arriaga, 2000; Bormann, 1994; Quintol et al., 2008).

Crecimiento en diámetro: se define como el aumento de tamaño en un período de tiempo determinado. Este crecimiento consiste en la división, alargamiento y engrosamiento celular que provoca que los árboles cambien de peso, volumen y de forma (Tschieder et al., 2013).

Altura total: también denominado alargamiento se define como la distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal más alta de la planta (Barrena y Llerena, 1988).

Estado fitosanitario: condición de salud que guarda un árbol y el cual se aprecia a simple vista por el vigor, color y turgencia de su follaje, o bien el marchitamiento ocasionado por daños inducidos, tanto físicos, antropogénicos, ambientales, o por el ataque de agentes patógenos (FAO, 2012).

4.5 Factores que influyen en el desarrollo de las especies forestales

- ***Factores edáficos influencia del suelo en las plantas***

El suelo constituye la matriz que brinda gran parte de los elementos que requieren las plantas para vivir, por lo que es de vital importancia para el ecosistema forestal. Suministra el agua y los nutrientes que las plantas necesitan, proporciona aire para las raíces y constituye el medio de anclaje para las especies que se desarrollan en los bosques. Además, es un factor que influye considerablemente en la productividad y estado de conservación de los bosques, ya que, determina la producción de madera, resistencia de las especies a enfermedades y a ciertos factores abióticos que pueden alterar la funcionalidad de las masas forestales (Gayoso y Alarcón, 2004).

Los suelos y los bosques están intrínsecamente vinculados y tienen importantes repercusiones mutuas; es por ello, la importancia de conocer las propiedades físico, químicas y biológicas del recurso edáfico, ya que, estas son determinantes en la capacidad de sostenimiento de las plantas, facilita la penetración de raíces, circulación del aire, capacidad de almacenamiento de agua, drenaje, retención de nutrientes, entre otros factores que definen la potencial productividad de los bosques.

Las principales propiedades que influyen en el desarrollo de las especies forestales son las siguientes:

Textura del suelo: Se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje y contenido de materia orgánica. Generalmente los suelos adecuados para el desarrollo de las plantas son los francos, ya que tienen un equilibrio en sus características (Carrasco et al., 2010).

Profundidad: La profundidad del suelo representa el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, con el propósito de conseguir el agua y los nutrientes indispensables, cuanto mayor sea la profundidad efectiva del suelo, mayor desarrollo tendrán las raíces, lo que facilitará el crecimiento de las especies forestales (Carrasco et al., 2010).

Estructura del suelo: es la forma en que se agrupan las partículas del suelo, es la responsable de controlar la distribución, flujo y retención de agua, sustancias disueltas y gases; su perturbación conduce a una limitación en el crecimiento del sistema radicular y en los procesos fotosintéticos de las plantas; por lo tanto, disminuye la productividad de los ecosistemas forestales (Gale et al., 2000).

Densidad aparente: se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g/cm^3 o t/m^3). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller y Håkansson, 2010). La densidad aparente es la característica que mayor influye sobre la productividad de las áreas degradadas y que se encuentran en recuperación, debido a su estrecha relación con otras propiedades del suelo. Cuando la densidad aparente aumenta, se incrementa la compactación y se afecta las condiciones de retención de humedad, la disponibilidad de materia orgánica y espacios porosos, limitando a su vez el crecimiento de las raíces de las plantas (Wolf y Snyder, 2003).

pH del suelo: El pH es un parámetro que permite conocer el estado de acidez o alcalinidad del suelo; la escala de medición del pH está entre los valores de 0 a 14. En esta escala, 7 representa la neutralidad, por debajo de este valor representa la acidez; mientras que, por encima de este, representa la alcalinidad.

Los pH influyen fuertemente sobre la disponibilidad de los nutrimentos esenciales para las plantas. Dentro de un rango específico el pH permite que la mayoría de los nutrimentos mantengan su máxima disponibilidad. Por ejemplo, cuando los suelos presentan un pH ácido, se pueden presentar problemas de deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre o magnesio; mientras que cuando los suelos son alcalinos la disponibilidad de micronutrimentos (hierro, manganeso, cobre o zinc se reduce). La adaptabilidad de cada especie a un rango determinado de pH, hacen que este sea el principal criterio con respecto a la dinámica de los nutrimentos que serán absorbidos por sus raíces y que influyen en su productividad (Mengel & Kirkby, 2000).

Materia Orgánica: Comprende la totalidad de los compuestos de origen orgánico (vegetales, animales y microorganismos), que se superponen al suelo mineral o se incorporan al mismo (en sistemas cultivados) y bajo la acción de factores edáficos, climáticos y biológicos,

son sometidos a un constante proceso de transformación (Cerisola, 2015). La materia orgánica tiene un efecto sobre las propiedades físico-químicas del suelo, la cual permite la formación de agregados, mayor estabilidad estructural, mejora la capacidad de intercambio catiónico, favorece la retención del agua, facilita la mineralización, sirve de alimento a un sinnúmero de organismos y estimula el crecimiento de las especies forestales en un sistema ecológico equilibrado (Graetz, 1997).

- ***Factores climáticos y su relación con especies forestales***

Las condiciones climáticas como la temperatura, precipitación, luz y viento, son factores clave que influyen en el crecimiento y supervivencia de las especies forestales (Sanzano, 2019). La temperatura puede afectar el rango óptimo de crecimiento de algunas especies (FAO, 2012), mientras que la cantidad y distribución de la precipitación es esencial para mantener los procesos metabólicos de las plantas (Yepes y Silveira, 2011). La luz es necesaria para la fotosíntesis y puede influir en la época de floración y producción de semillas, mientras que el viento puede ser perjudicial para algunas especies y beneficioso para otras. Es importante comprender cómo estos factores climáticos influyen en las plantas para llevar a cabo una gestión adecuada y conservación de los bosques (Kin y Ledent, 2010; Muñoz, 2017). Cada especie tiene su propio rango óptimo de condiciones climáticas, y el cambio en estos factores puede afectar significativamente su desarrollo (Torres, 2021).

- ***Factores externos y su relación con especies forestales***

Los factores externos, como la vegetación, la fauna y la actividad humana, tienen una gran influencia en las especies forestales (Moreira et al., 2011). La vegetación aporta materia orgánica al suelo y juega un papel importante en el uso de nutrientes y en la hidrología del lugar (Cabrera y Crespo, 2001). La fauna, tanto microorganismos como macroorganismos, ayudan en el ciclo de los nutrientes y en la renovación del suelo. El ser humano, por su parte, ha causado graves daños al suelo, como la erosión, la contaminación y la deforestación, lo que ha alterado la composición del suelo y sus funciones. Es importante tener en cuenta estos factores en la conservación y gestión de las especies forestales (FAO, 1996; Laban et al., 2018).

4.6 Descripción de las especies forestales establecidas en el ensayo de restauración

4.6.1 *Podocarpus sprucei* Parl.

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Podocarpaceae

Género: *Podocarpus*

Especie: *sprucei*



4.6.1.1 Descripción botánica

Son árboles dioicos, raramente monoicos aproximadamente de 35 m de altura. La corteza es de color oscuro, se desprenden escamas grandes y de color marrón rojizo. Hojas simples espiraladas, lineares, estrechándose gradualmente hasta una base de peciolo corto, ápice agudo, textura rígida -coriácea, márgenes ligeramente revolutos, verde oscuro arriba, verde pálido abajo, nervadura central en el lado superior un surco continuo y poco profundo, y en el lado inferior elevado basalmente, desvaneciéndose hacia el ápice. Conos de polen en racimos subtendidos por escamas triangulares cortas, de hasta 10×2 mm. Conos de semillas axilares, solitarios sobre pedúnculos de 3 - 7 mm, receptáculos de 6 - 7 mm de largo, succulentos, de color rojo púrpura cuando están maduros; semilla globosa, de 5 - 7 mm de diámetro incluyendo epimatium (Pithomas & Farjon, 2018).

4.6.1.2 Ecología

Esta especie es originaria de los Andes y se distribuye por las cordilleras del sur de Ecuador y el norte de Perú. Su rango altitudinal va desde 2 000 hasta 3 000 m. Se desarrolla bien en diversos tipos de suelos y tolera la falta de agua. Tiene un buen rebrote y una alta regeneración natural, especialmente en terrenos arenosos.

4.6.1.3 Usos

Las hojas en infusión se utilizan para baños de asiento y para aliviar resfriados (Leon-Yáñez et al., 2011). La madera es de buena calidad y se usa para construcciones como pilares, vigas y para la elaboración de muebles, arados, yugos y cabos de herramientas manuales. En algunas comunidades indígenas de las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Cañar, se cree que es protector contra los espíritus y junto al ciprés y sauce se emplea para adornar los altares en época de navidad y semana santa (De la Torre et al., 2008).

4.6.2 *Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S. O. Grose

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Bignoniaceae

Género: *Handroanthus*

Especie: *chrysanthus*



4.6.2.1 Descripción botánica

La corteza externa fisurada, grisáceo amarillenta. Interna de color crema amarillento. Hojas digitado-compuestas, miden hasta 25 cm de largo incluyendo el peciolo. Suelen tener entre 5 y 7 folíolos anchamente elípticos a oblongo obovados, con el ápice acuminado, la base redondeada y el margen entero. Los folíolos tienen el haz verde brillante y el envés verde amarillento a opaco, con manojos de pelos en las axilas de la nervadura principal en el envés. Las flores nacen agrupadas en racimos hasta de 10 cm de largo. Son simétricas, con el cáliz tubular y la corola en forma de embudo hasta de 7,5 cm de largo, con el limbo partido en 5 lóbulos de color amarillo brillante. Presentan pelos estrellados en ambas superficies (Revivemx, 2007).

4.6.2.2 Ecología

Este árbol se distribuye naturalmente en ecosistemas secos en el sur de Ecuador, el norte de Perú y el departamento de Antioquía en Colombia y Venezuela (Villacis et al., 2015, Cárdenas 2016). Crece en ecosistemas de bosques muy seco tropical, seco tropical, húmedo tropical, húmedo premontano y muy húmedo premontano. Crece en altitudes de 200 a 1 200 m s.n.m, con un rango de temperatura que varía entre 18 y 25 °C y precipitaciones de 500 a 3 000 mm. Se desarrolla en suelos medianamente profundos, un poco húmedos y fértiles en pendientes moderadas (MAE, 2017).

4.6.2.3 Usos

La madera es considerada como una de las duras ya que es difícil trabajarla y resistente al agua salada y a termitas, se la utiliza para pisos, construcciones, chapas e implementos deportivos, construcciones de muebles, carrocerías, pisos para yuso industrial, durmientes, artesanías finas. Esta especie ha sido empelada para separadores, cerros, glorietas, orejas de puente, parques, plazas/plazoletas (Aguilera, 2001).

4.6.3 *Lafoensia acuminata* (Ruiz y Pav.) DC.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Myrtales

Familia: Lythraceae

Género: *Lafoensia*

Especie: *acuminata*



Lafoensia acuminata, conocido como guararo, o guayacán de Manizales, originario de Colombia, Perú y Ecuador.

4.6.3.1 Descripción botánica

Árbol de 12 a 24 m de altura y de 60 a 80 cm de diámetro; copa densa, redondeada y follaje verde brillante con ramas horizontales, cilíndricas, lisas y grisáceas. Fuste corto, con gambas. Corteza pardo-grisácea, de 1,5 a 2 cm de grosor, fisurada, desprendiéndose en láminas (Ruiz, 2018). Son árboles monoicos medianos a grandes, hojas simples, opuestas - decusadas, lustrosas por el haz, ápice cuspidado con el acumen redondeado, nerviación broquidodroma con nervios secundarios que se unen a cierta distancia del margen. Flores caracterizadas por el receptáculo en forma de copa, en cuyo borde se asientan los pétalos y los estambres numerosos, el pistilo es capitado. Fruto, una cápsula subglobosa, papilosa, roja al madurar, semillas aladas (Palacios, 2011).

4.6.3.2 Ecología

Tolerante a suelos con fertilidad media, especie melífera que ayuda a regular la calidad del aire, regula el clima y ayuda a controlar la erosión. Además, atrae fauna asociada como aves, insectos y mamíferos debido a sus frutos carnosos

Especie semicaducifolia, heliófila, de crecimiento rápido y requiere algo de sombra en su estado juvenil y, al madurar, tolera alta exposición directa al sol, requiere condiciones de humedad altas. Una especie importante a nivel ecológico, debido a las cualidades agroecológicas, industriales y alimenticias, no resiste heladas en estado juvenil y en épocas secas los árboles pequeños no resisten heladas en estado juvenil y en épocas secas los árboles pequeños se defolían.

4.6.3.3 Usos

La madera es dura y pesada, amarilla a blanquizca. Usada principalmente como seto, cercas vivas, ornato y para la protección de márgenes hídricas (Escobar y Rodríguez, 1993). La

madera es utilizada para carpintería, ebanistería y para la fabricación de muebles y construcción en general (Nieto y Rodriguez, 2010).

4.7 Técnicas usadas para la restauración de ecosistemas en el Ecuador

En Ecuador, los primeros esfuerzos y trabajos por rescatar la vitalidad de los ecosistemas iniciaron en los 80's, la necesidad de revertir la degradación ocasionada en gran parte por la introducción de especies exóticas (Murcia et al., 2017).

Los procesos utilizados en la región para la restauración de ecosistemas degradados; son básicamente de dos tipos: a) Procesos Naturales, utilizando técnicas regeneración natural, y sucesión natural b) Procesos antrópicos a través de acciones de enriquecimiento de plantaciones con especies exóticas, y plantaciones mixtas (Aguirre, 2007; Aguirre y Weber, 2007; Cueva & Palacios, 2023). Al sur del Ecuador se trabaja en unión con las universidades (Universidad Nacional de Loja y La Universidad Técnica particular de Loja) municipios e instituciones locales como Naturaleza y Cultura Internacional, y la fundación Arcoíris (Aguirre, 2012).

Se han ejecutado algunas experiencias exitosas de restauración ecológica; por ejemplo, en la provincia de Loja, el Fondo Regional del Agua (FORAGUA) entre los años 2014 - 2017 ejecutó proyectos de reforestación y restauración en 51 000 ha para la conservación de las zonas de recarga hídrica de las principales microcuencas abastecedoras de agua potable de los cantones Loja, Célica, Puyango y la protección de ecosistemas frágiles (FORAGUA, 2020).

Un estudio realizado por Palomeque et al. (2020), en la reserva biológica San Francisco, ubicada entre las provincias de Loja y Zamora hace una comparación con el crecimiento y la supervivencia de especies nativas y exóticas en tres diferentes tipos de vegetación: pastos recientemente abandonados, llashipal y arbustiva. Se instalaron parcelas puras para seis especies nativas: *Cedrela montana*, *Handroanthus chrysanthus*, *Juglans neotropica*, *Alnus acuminata*, *Morella pubescens* y *Heliocarpus americanus* y dos especies exóticas: *Pinus patula* y *Eucaliptus saligna* en los diferentes tipos de vegetación con un total de 9 600 plántulas y 384 parcelas al inicio del experimento. La mitad de ellas fueron sometidas a un tratamiento de remoción de vegetación competitiva. El monitoreo se realizó cada año durante cinco años, excepto para *Morella pubescens* que se controló solo por cuatro años. Obteniendo resultados de sobrevivencias con 69,4 % para *Oreocallis grandiflora*, 88,9 % para *Cedrela montana* y 83,3 % para la siembra mixta, el incremento de altura con mayor valor es para *Cedrela montana*, a diferencia de *Oreocallis grandiflora* que presentó los menores valores. En el incremento de diámetro presentó diferencias significativas con mayor valor para *Cedrela montana* a diferencia del tratamiento de *Oreocallis grandiflora* que presentó los valores menores.

Por otra parte, se puede citar el proyecto: Ensayo de Restauración Ecológica en El Matorral Andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, ejecutado en el año 2019, en un periodo de tres años, se experimentó la plantación de tres especies forestales: *Cedrela montana*, *Lafoensia acuminata* y *Jacaranda mimosifolia* donde se midieron diferentes variables como: diámetro, altura total, incremento medio anual e incremento periódico anual durante tres años.

Los resultados que se obtuvieron en el proyecto fueron que *Lafoensia acuminata* tuvo un 93 % de sobrevivencia, seguido de *Jacaranda mimosifolia* con el 58,33 % de sobrevivencia, en cuanto a la relación del crecimiento e incremento del área basal y volumen fueron negativos para *Cedrela montana* y *Jacaranda mimosifolia* ya que algunos de ellos sufrieron muerte apical dando como resultado valores menores a los iniciales, en los análisis de las variables por especie y sitio existen diferencias significativas para *Lafoensia acuminata*, esta presenta valores mayores en altura y diámetro, lo que se sugiere a esta especie para programas de reforestación (Aguirre et al., 2019).

5. Metodología

5.1 Ubicación de área de estudio

5.1.1 Ubicación política y geográfica

La investigación se desarrolló en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), ubicado en la parroquia San Sebastián, Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”, en el cantón y provincia de Loja. El área de estudio se estableció en la cobertura vegetal de matorral andino, localizada en la parte alta del parque (Figura 1); geográficamente se ubica entre las coordenadas UTM: 79° 11'07'' y 79° 12' 03'' oeste; 04° 01'37'' y 04° 02'02'' sur.

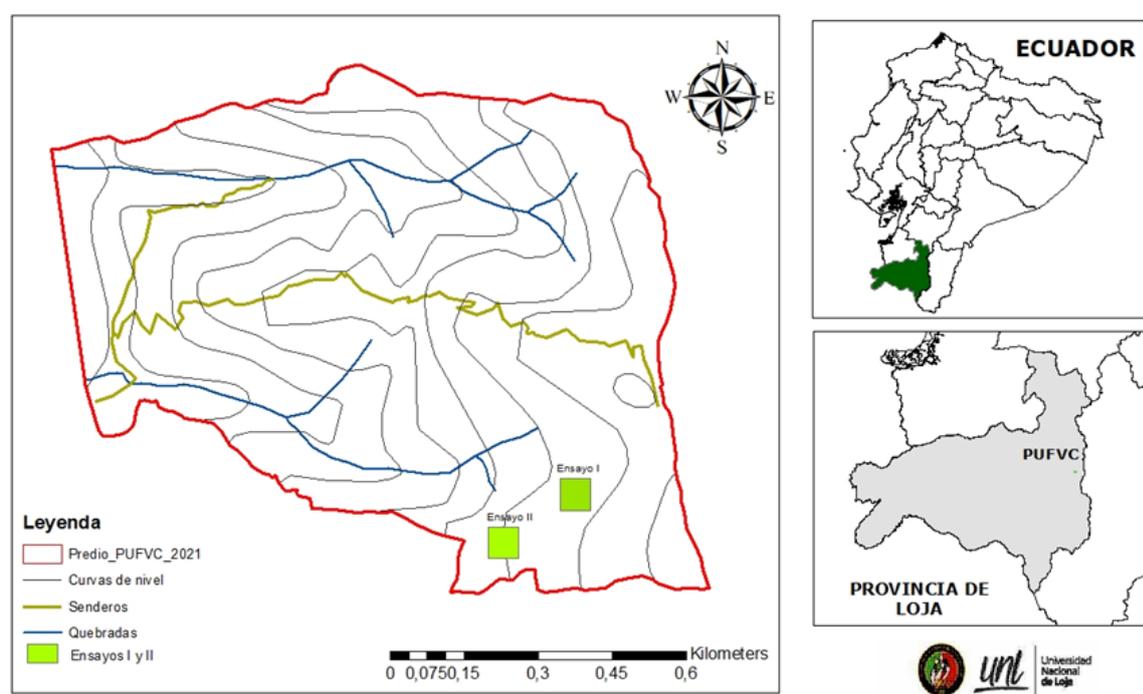


Figura 1. Ubicación de los ensayos de restauración en el matorral andino dentro del Parque Universitario " Francisco Vivar Castro".

5.1.2 Características biofísicas del área de estudio

El área de estudio se ubica en el Bosque siempreverde montano del sur de la cordillera oriental de los Andes (MAE, 2013), presenta una temperatura media anual de 16,6 °C y una precipitación media anual de 955 mm/año. El suelo es de material parental metamórfico, con baja fertilidad, profundidad media (60 cm). La textura es de tipo franco, franco arenoso y franco arcilloso, pH ácidos, con valores bajos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio (Aguirre & Yaguana, 2014). Los suelos presentan depósitos coluviales, producto de la acción continua de fenómenos geomorfológicos que alteran el paisaje natural de grandes

deslizamientos y la acción de la erosión pluvial, dando como resultado la formación de estoraques y lomas (Guarnizo y Villa, 1995; Aguirre, 2001).

Aguirre & Yaguana (2014) mencionan que El Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC) posee una diversidad de formaciones vegetales, diferenciables por su composición, estructura y función. Estas formaciones se describen a continuación:

Bosque Natural: se encuentra a una altitud de 2 250 m s.n.m. tiene una extensión de 12,93 ha que corresponde al 13,46 % del área total del PUFVC, es la cobertura boscosa de máximo crecimiento y desarrollo con una gran diversidad florística formada por árboles, arbustos, hierbas, parásitas y epifitas.

Matorral Alto: Está constituido por especies secundarias que resultan de la destrucción del bosque primario, se puede distinguir dos estratos: arbustivo y herbáceo; además gran cantidad de plantas inferiores, que conjuntamente con los residuos vegetales forman la cobertura del suelo, protegiéndolo de la erosión y pérdida de la humedad

Matorral Bajo: Este ecosistema corresponde a vegetación secundaria, producto de la destrucción del bosque, por incendios forestales, está ubicada en las partes altas con fuertes pendientes, desempeña un papel muy importante en la protección del suelo y del nacimiento de las quebradas. Está conformada por arbustos, hierbas y gran cantidad de plantas inferiores

Páramo Antrópico: Llamado también pajonal, tiene una formación herbácea perenne, donde es importante para la conservación por su capacidad retentiva de agua. Esta cobertura vegetal ha sufrido cambios en la estructura y composición de su vegetación, que ha traído como consecuencia la degradación de los suelos, especialmente por el proceso de lixiviación

Pastizales: Pasto natural se encuentra en la parte baja del PUFVC, asociado en un huerto con especies forestales, frutales y ornamentales.

5.2 Diseño de muestreo y recopilación de información en campo

5.2.1 Selección del sitio

Para el para el establecimiento de los ensayos de restauración se realizó en fragmentos de matorral andino del parque Universitario “Francisco Vivar Castro”; se seleccionaron dos áreas en proceso de recuperación; la primera disturbada por un incendio en el año 2010 donde se vio afectando 7 ha, en los ecosistemas del páramo antrópico y el matorral alto, que han sido provocados por colindantes del parque que realizan quemas no controladas y la segunda temporalmente se veía afectada por el ingreso del ganado de los colindantes. Como solución se ha procedió a cercar con alambrado, logrando evitar el paso del ganado. Se consideró además los factores del sitio como la pendiente, suelo y similitud de la vegetación.

5.2.2 Establecimiento de los ensayos de restauración en el matorral andino

El 20 de enero de 2022, siguiendo la metodología propuesta por Aguirre et al. (2019), la cual se basa en un diseño completamente aleatorio, donde las unidades experimentales son homogéneas, con el fin de reducir y controlar la varianza del error experimental. Se implementó dos ensayos de restauración con tres especies forestales nativas: *Podocarpus sprucei*, *Lafoensia acuminata* y *Handroanthus chrysanthus*. Estas especies son fáciles de propagar por lo cual se logró conseguir las plantas en el vivero de la prefectura de Loja, de aproximadamente un año de edad. La procedencia del material vegetal es de árboles semilleros manejados por el vivero. Para cada especie se establecieron tres repeticiones con un total de nueve parcelas por ensayo. En cada unidad experimental se plantaron 20 individuos a una densidad de 3 X 3 m, dando un total de 60 plantas por especie en cada ensayo. La superficie total de ocupación de cada ensayo es de 1 620 m² (45x36 m²), como se muestra en la (figura 2).

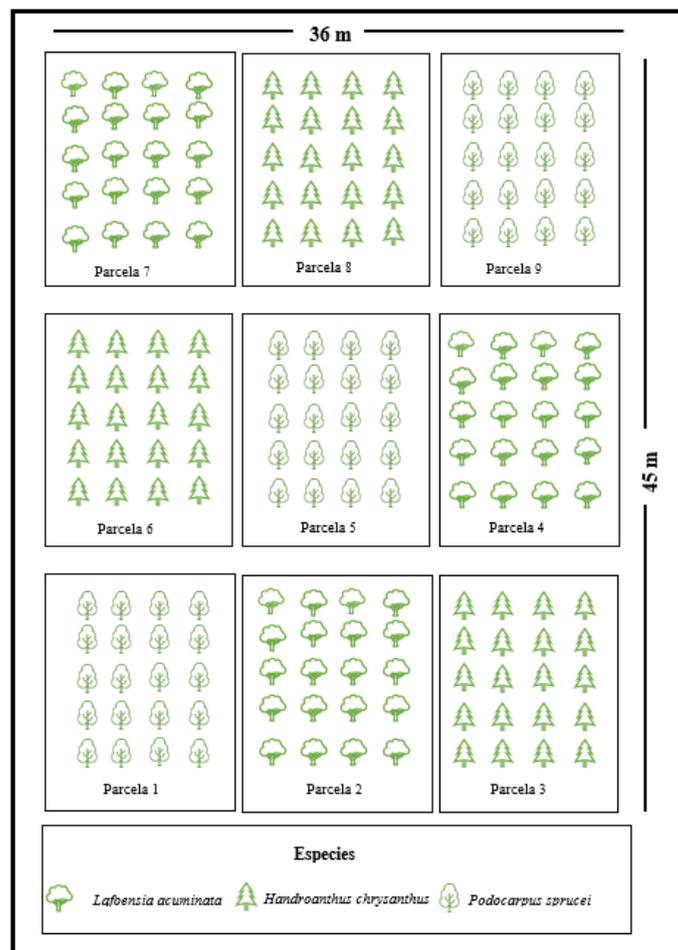


Figura 2. Diseño de los ensayos de restauración en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

5.2.3 *Recolección de datos en campo*

La recolección de datos en campo consistió en medir variables dasométricas como diámetro basal (medición realizada con un calibrador pie de rey a 1 cm del nivel del suelo) y altura total (medida con un flexómetro desde la base de la planta hasta la yema apical). Estas variables fueron medidas en dos momentos: etapa inicial en febrero de 2022 y etapa dos en enero de 2023. En este periodo se realizó el monitoreo de la mortalidad, sobrevivencia y estado fitosanitario. Por otra parte, se evaluó los factores edáficos de los sitios estudiados propiedades físicas como textura (arena, limo y arcilla), color y densidad aparente (g/cm³) y químicas pH y materia orgánica (%) y la pendiente. El registro de información se realizó a través de un formulario de campo (Anexo 2).

5.3 **Determinación de la sobrevivencia, crecimiento e incremento de las especies forestales establecidas en el matorral andino del PUFVC.**

5.3.1 *Sobrevivencia*

La sobrevivencia fue determinada en base a la relación porcentual entre el número de plantas establecidas al inicio de la plantación y el número de plantas vivas al final de este monitoreo, se aplicó la ecuación 1, propuesta por Linares (2005).

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{Pv}{(Pv + Pm)} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

Pv: plantas vivas

Pm: plantas muertas

Para la evaluación de las especies: *Podocarpus sprucei*, *Lafoensia acuminata* y *Handroanthus chrysanthus*, se utilizaron las categorías propuestas por Centeno (1993) que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas.

Categoría	Porcentaje de sobrevivencia (%)
Muy bueno	80 -100
Bueno	60 - 79
Regular	40-59
Malo	< 40

5.3.2 *Cálculo del crecimiento en diámetro basal y altura*

Con la información recolectada a los 11 meses de monitoreo, se calculó el crecimiento de cada planta por especie (promedio de todos los individuos) en cada ensayo de restauración; para lo cual, se utilizaron los datos de las mediciones iniciales y finales de las variables

dasométricas (diámetro basal) (Ecuación 2) y altura total (Ecuación 3) sugeridas por Aguirre et al. (2014).

$$CrD (cm) = Df - Di \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

CrD: crecimiento de diámetro

Df: diámetro final

Di: diámetro inicial

$$CrH (cm) = Hf - Hi \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

CrH: crecimiento de altura

Hf: altura final

Hi: altura inicial

5.4 Evaluación del estado fitosanitario y daños mecánicos de las tres especies forestales

5.4.1 Estado fitosanitario

Mediante observación directa y monitoreo *in situ*, se identificaron los individuos de las tres especies forestales con evidencia de algún daño de plagas y enfermedades. La evaluación se realizó considerando el grado de afectación en las partes vegetativas (hojas y tallos) de acuerdo a las categorías (Tabla 2) establecidas por González et al. (2018).

Tabla 2. Categorización del estado fitosanitario para las tres especies forestales establecidas en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Categoría	Descripción
1. Excelente	sin lesiones de plagas o enfermedades
2. Muy Bueno	lesiones en un 25 % del área foliar y tallo
3. Regular	lesiones en un 50 % del área foliar y tallo
4. Malo	lesiones > al 75 % del área y el tallo.

Adicionalmente, se recolectaron muestras de material vegetal de las especies que presentaron síntomas de enfermedades, las cuales se llevaron al laboratorio de sanidad vegetal del FARNR de la UNL para realizar el cultivo y aislamiento de los fitopatógenos con el fin de determinar el agente causal. La identificación se realizó con las claves taxonómicas de Burnett y Hunter (1998).

5.4.2 Daño mecánico

Se consideró cualquier anomalía que se presentó en las plantas (daño del eje dominante, ramas quebradas, heridas en el tallo) producto de malas prácticas silviculturales en el momento del establecimiento de los ensayos de restauración; así como también, los daños producidos por factores externos (pisoteo de ganado) que provoque una bifurcación, muerte o pérdida considerable del crecimiento (Murillo y Camacho, 1998). Estas variables se registraron de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Sin daños mecánicos
2. Con daños mecánicos (cortados, quebrados, pisotón del ganado, entre otros).

5.5 Evaluación de las variables de suelo

Para la evaluación de las condiciones del suelo se evaluaron variables físicas como textura (arena, limo y arcilla), color y densidad aparente (g/cm³) y químicas pH y materia orgánica (%), para lo cual se utilizó herramientas como el cilindro de copecky y barreno. Para las variables físicas se recolectaron en total 18 muestras no disturbadas (9 muestras por cada ensayo) y para las químicas se recolectaron en total 6 muestras disturbadas (3 muestras por cada ensayo) a 10 cm de profundidad. Fue necesario recolectar varias repeticiones en cada parcela para que cada unidad de muestreo presente condiciones homogéneas, con el fin de reducir su variabilidad. Además, se evaluó la pendiente utilizando un clinómetro de suunto.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Loja. Cada una de las variables permitió evaluar la correlación con el crecimiento inicial de las especies y a la par el estado actual y de conservación del suelo (González et al., 2023).

5.6 Análisis estadísticos

Para los análisis estadísticos se utilizó el software InfoStat versión libre 2020 (Di Rienzo et al., 2011). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), utilizando un modelo estadístico (Ecuación 4) de crecimiento (diámetro basal y altura total) de las tres especies forestales establecidas en los ensayos de restauración.

$$y_{ij} = \mu + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

μ : Constante

β_j : Efecto Tratamiento

ϵ_{ij} : Error

Se estableció diferencias significativas con la prueba LSD de Fisher con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ (Balzarini et al., 2008). Para comprobar la validez del ANOVA y la normalidad se realizó pruebas de Shapiro Wilks de los datos, se aplicó una prueba gráfica de QQ plot. Para verificar el supuesto de homogeneidad se utilizó la prueba de Levene y así poder comparar las varianzas entre las medias de diferentes grupos, previa comprobación de supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia de los datos.

Se realizó un análisis de componentes principales PCA (Principal Component Analysis) lo cual permitió determinar la correlación del crecimiento en diámetro basal, altura total y las variables edáficas del suelo como arena, arcilla, densidad aparente, pendiente, pH, materia orgánica y carbono. Para determinar la correlación entre variables se interpretaron mediante los siguientes rangos de clasificación (.

Tabla 3) (Martínez et al., 2009).

Tabla 3. Rangos de la correlación de Pearson.

Valores de correlación	Interpretación
0 – $\pm 0,25$	Escasa o nula
$\pm 0,26 - \pm 0,50$	Débil
$\pm 0,51 - \pm 0,75$	Entre moderada y fuerte
$\pm 0,76 - \pm 1,00$	Entre fuerte y perfecta

6. Resultados

6.1 Supervivencia y mortalidad de las tres especies forestales

En el ensayo I (Figura) y ensayo II (Figura 4), la supervivencia de las tres especies fue alta (85 - 100 %) encontrándose en la categoría muy bueno; los mejores resultados se obtuvieron en las plantas de *Lafoensia acuminata* con una supervivencia del 100 % en ambos ensayos, lo que indica una alta resistencia y adaptabilidad. *Handroanthus chrysanthus* presenta una supervivencia del 98,3 y 93,3 % en los ensayos I y II, respectivamente, indicando una robustez notable frente a condiciones diversas, a pesar de una leve disminución en el segundo ensayo. *Podocarpus sprucei* registró una supervivencia del 93,3 % en el ensayo I y del 85 % en el ensayo II, sugiriendo una capacidad significativa de persistencia, aunque posiblemente afectada por las condiciones del entorno en el segundo ensayo.

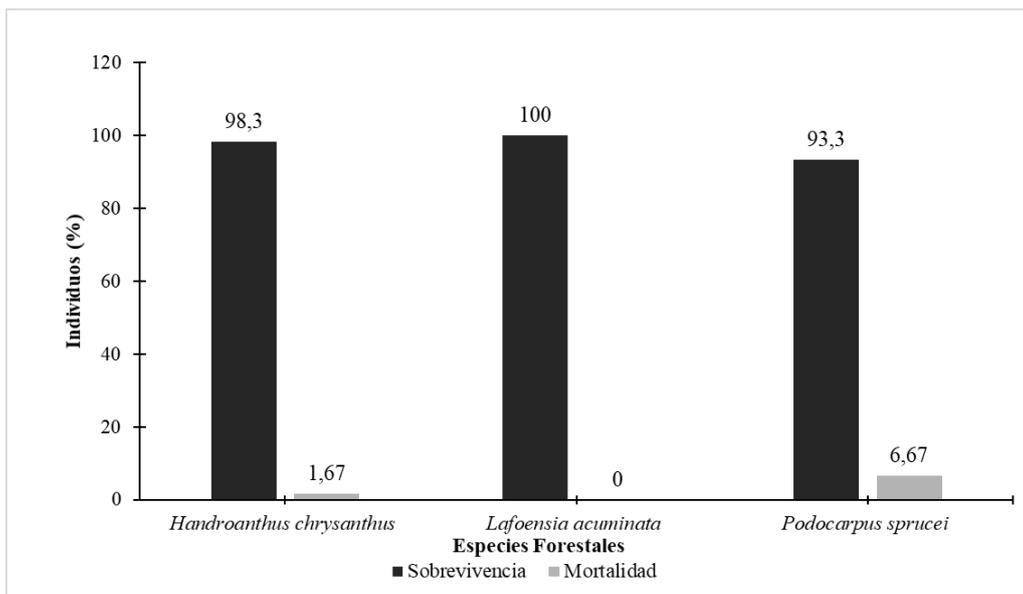


Figura 3. Supervivencia y mortalidad de tres especies forestales establecidas en el matorral andino del PUFVC (ensayo I).

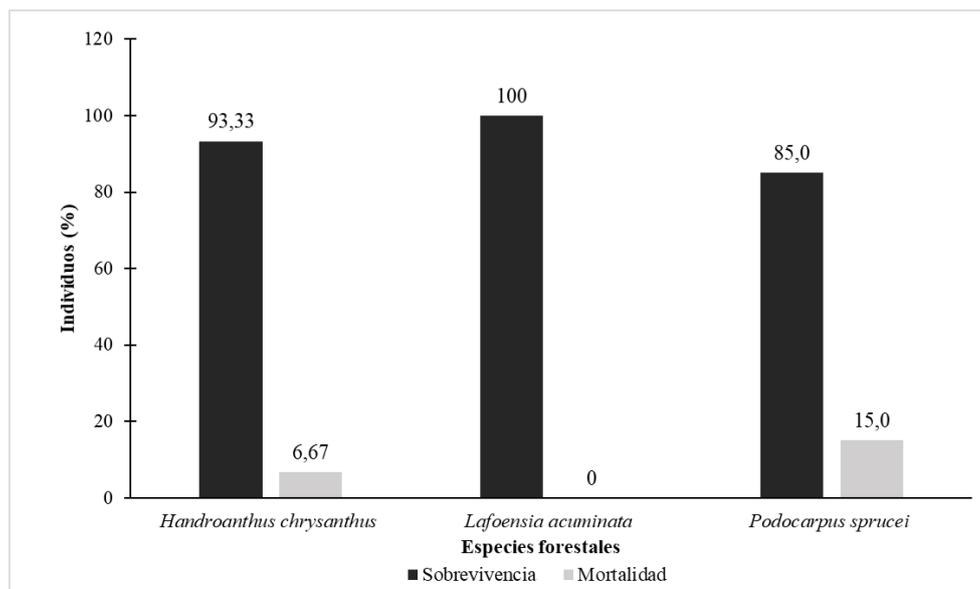


Figura 4. Sobrevivencia y mortalidad de tres especies forestales establecidas en el matorral andino del PUFVC (ensayo II).

6.2 Crecimiento e incremento de diámetro basal y altura total de las tres especies forestales

En el diámetro basal, en el ensayo I (p-valor 0,0526) y ensayo II (p-valor 0,0698) si existió diferencias significativas entre *Handroanthus chrysanthus* y *Lafoensia acuminata*, pero no en *Podocarpus sprucei* (Figura 5 y 6), en la variable altura en el ensayo I (p-valor 0,0031) hay diferencias significativas entre *Lafoensia acuminata* y *Handroanthus chrysanthus* y no con *Podocarpus sprucei*, por otra parte, en el ensayo II (p-valor < 0,0001) no existe diferencias significativas entre *Handroanthus chrysanthus* y *Podocarpus sprucei*, pero si con *Lafoensia acuminata*. (Tabla 4).

Tabla 4. Crecimiento en altura y diámetro basal de tres especies forestales establecidas en dos ensayos de restauración del matorral andino en el PUFVC.

Variabes	Especies	Ensayos	Medias (cm)	sd	significancia (0,05)	p-valor
Diámetro basal	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	I	0,17	0,01	B	0,05 26
	<i>Lafoensia acuminata</i>		0,12	0,01	A	
	<i>Podocarpus sprucei</i>		0,14	0,01	AB	
	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	II	0,12	0,01	B	0,0698
	<i>Lafoensia acuminata</i>		0,09	0,01	A	
	<i>Podocarpus sprucei</i>		0,1	0,01	AB	
Altura	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	I	2,79	0,55	A	0,0031
	<i>Lafoensia acuminata</i>		5,48	0,54	B	
	<i>Podocarpus sprucei</i>		4,18	0,56	AB	
	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	II	1,05	0,19	A	< 0,0001

<i>Lafoensia acuminata</i>	2,93	0,22	B
<i>Podocarpus sprucei</i>	1,25	0,19	A

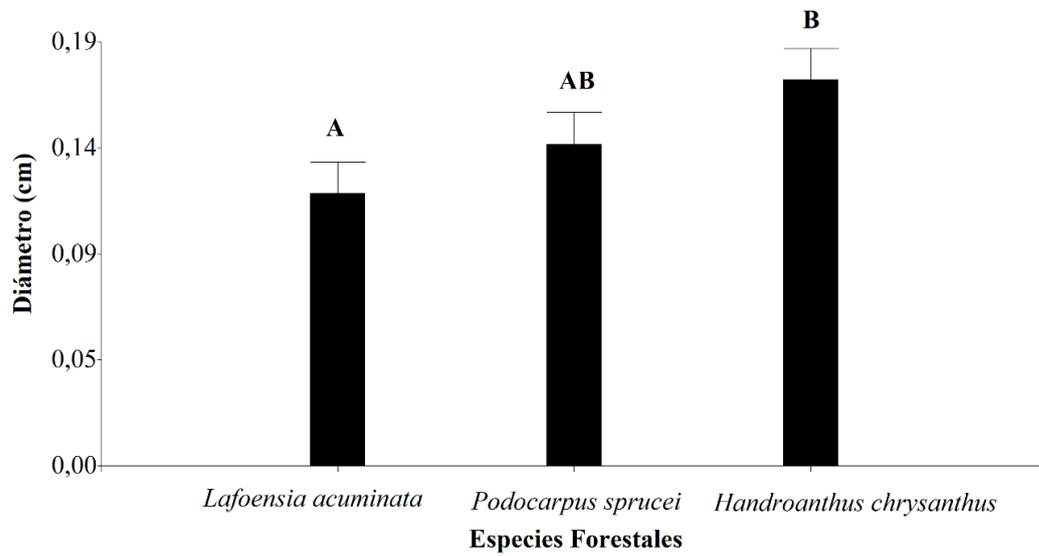


Figura 5. Crecimiento de diámetro basal de tres especies forestales establecidas en el ensayo II de restauración en el matorral andino del PUFVC. Letras diferentes muestran significancia.

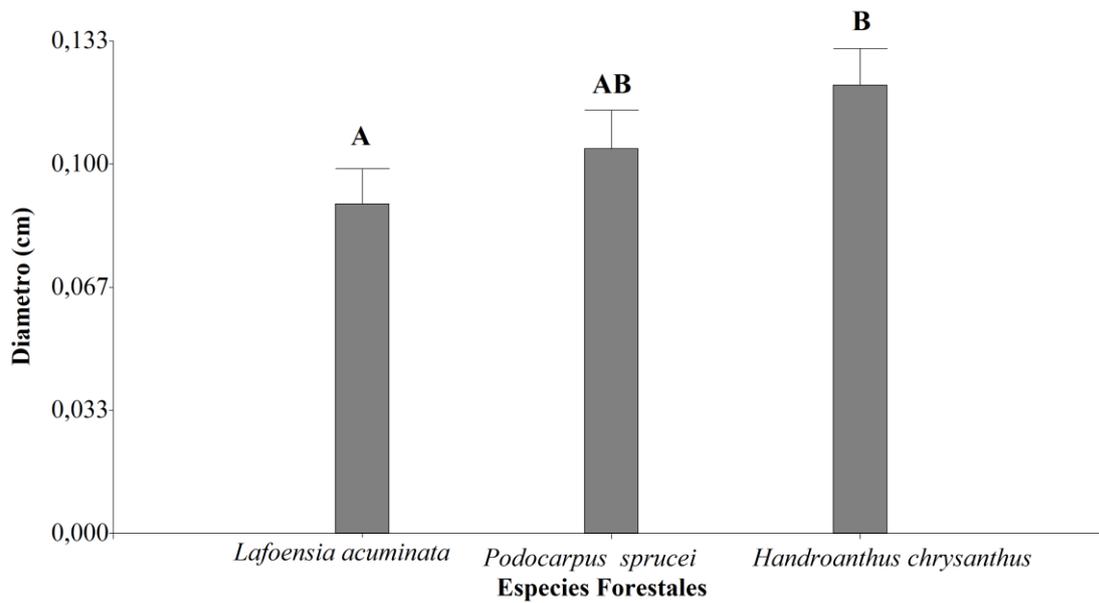


Figura 6. Crecimiento de diámetro basal de tres especies forestales establecidas en el ensayo II de restauración en el matorral andino del PUFVC. Letras diferentes muestran significancia.

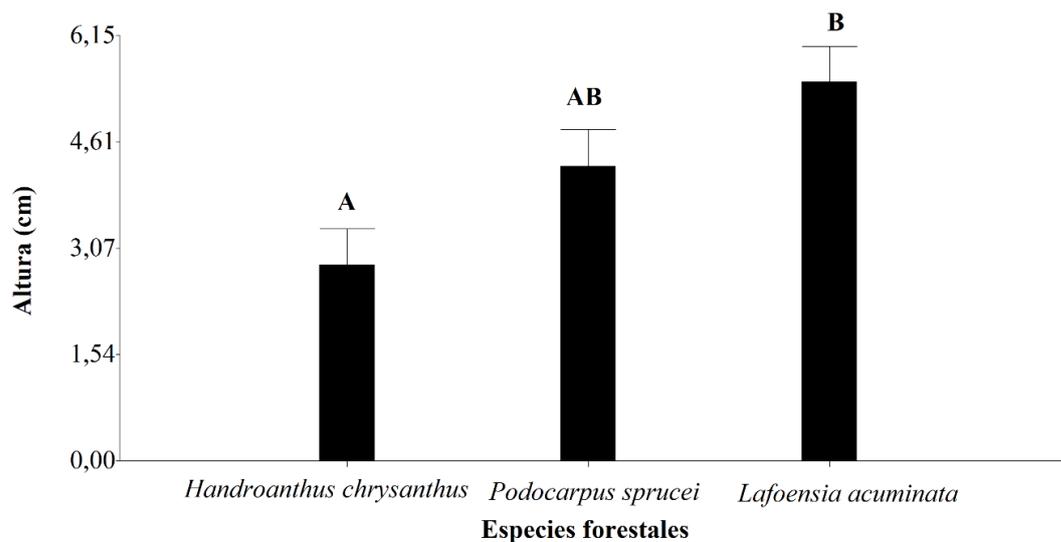


Figura 7. Crecimiento de altura de tres especies forestales establecidas en I ensayo de restauración en el matorral andino en el PUFVC Letras diferentes muestran significancia.

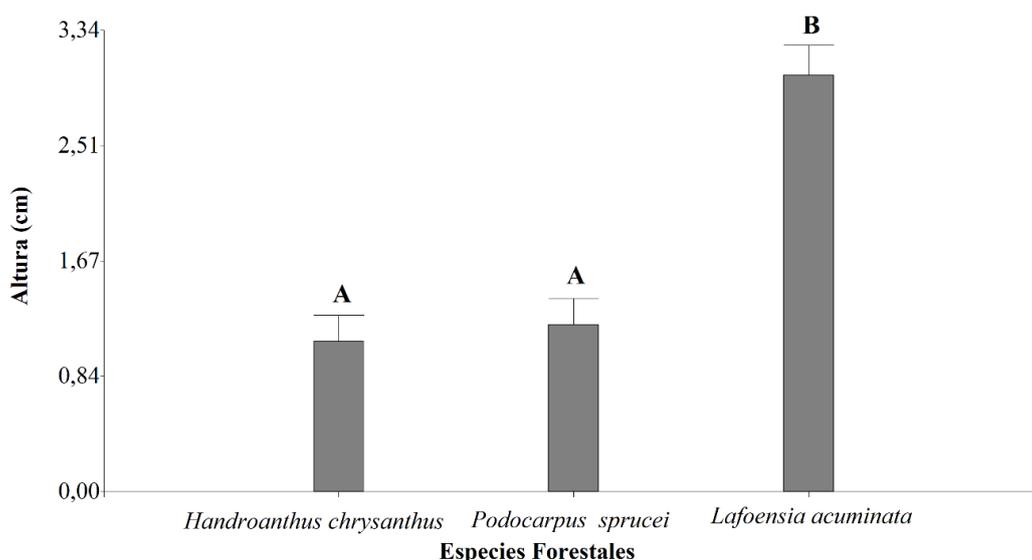


Figura 8. Crecimiento de altura de tres especies forestales establecidas en II ensayo de restauración en el matorral andino en el PUFVC Letras diferentes muestran significancia.

6.3 Estado fitosanitario y daños mecánicos de tres especies forestales

6.3.1 Estado fitosanitario

El estado fitosanitario de las tres especies forestales en los dos ensayos (Figura 9 y Figura 10), evidencia que *Handroanthus chrysanthus* y *Lafoensia acuminata*, presentaron los valores más altos en la categoría excelente, que corresponde a plantas libres de problemas sanitarios y con buena fisiología. *Podocarpus sprucei* registró entre el 62 y el 45 % de afectación debido a la presencia de problemas sanitarios.

Cabe señalar que, en los dos ensayos, se detectó la incidencia de enfermedades fungosas especialistas como Antracnosis siendo el hospedero *Podocarpus sprucei*, *Alternaria* registrada en *Handroanthus chrysanthus* y *Oidium* + *Alternaria* en *Lafoensia acuminata*, las cuales no ocasionaron daños graves, sin afectar la sobrevivencia de las especies.

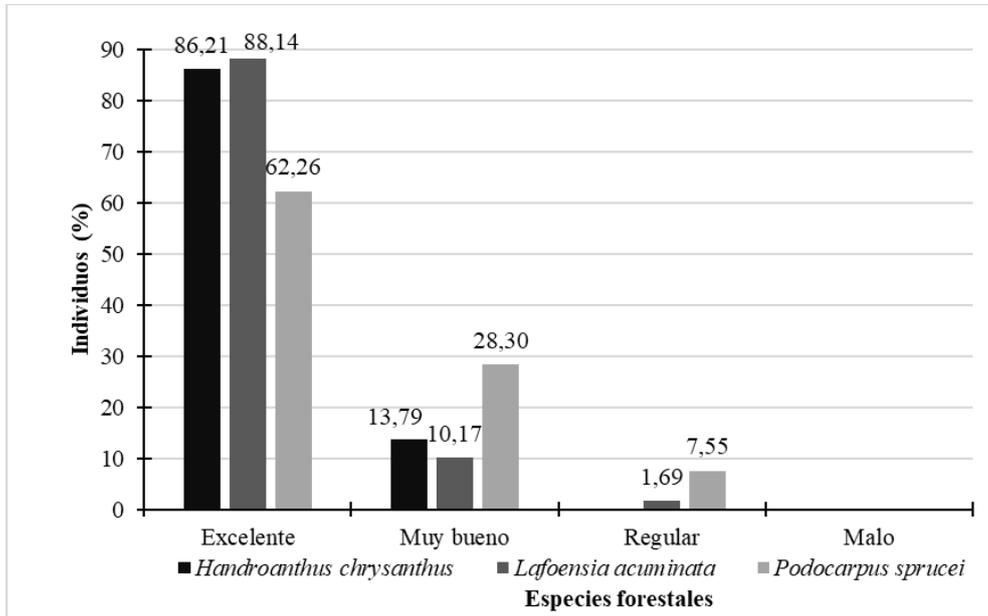


Figura 9. Estado fitosanitario de las tres especies *Handroanthus chrysanthus*, *Lafoensia acuminata* y *Podocarpus sprucei* en el ensayo I en el PUFVC.

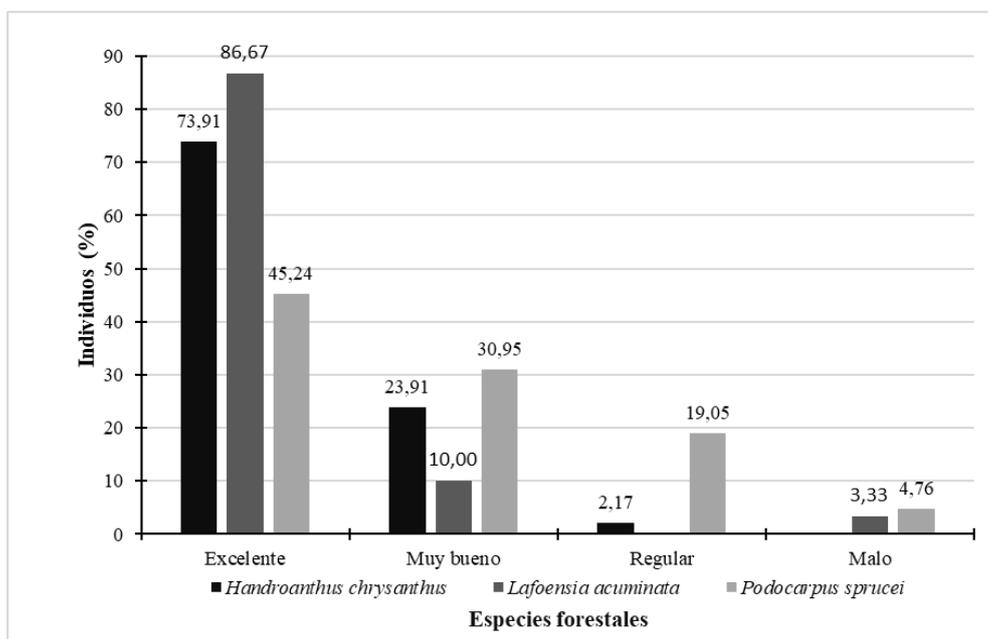


Figura 10. Estado fitosanitario de las tres especies *Handroanthus chrysanthus*, *Lafoensia acuminata* y *Podocarpus sprucei* en el ensayo II en el PUFVC.

6.3.1.1 Agentes patógenos identificados

En los dos ensayos, se detectaron enfermedades fungosas especialistas como *Antracnosis* siendo su hospedero *Podocarpus sprucei*, *Alternaria* registrada en *Handroanthus chrysanthus* y *Oidium* + *Alternaria* en *Lafoensia acuminata*, las cuales no ocasionaron daños graves, y no afectaron el crecimiento de las especies.

a) Antracnosis

Se registró lesiones oscuras y hundidas, circulares elipsoidales, con grandes cantidades de esporas formando masas compactas de color blanco (Figura 11) en hojas y tallos de *Podocarpus sprucei*.

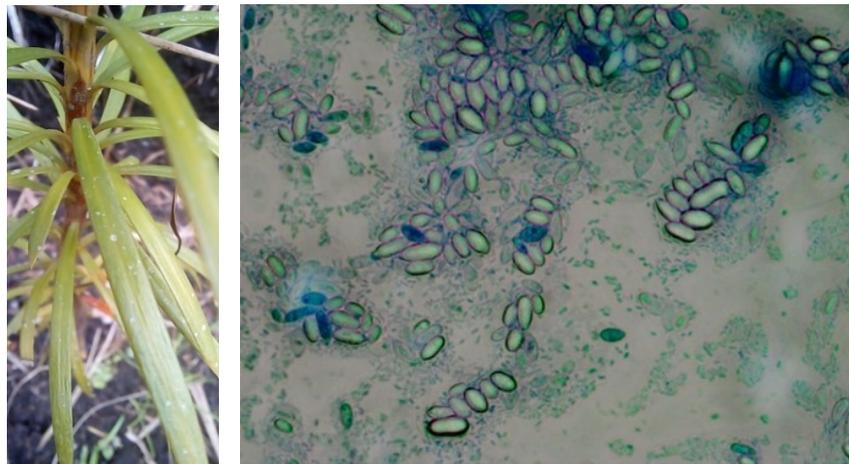


Figura 11. Agentes causales de la sintomatología Antracnosis en *Podocarpus sprucei*.

b) Alternaria

En los folíolos de *Handroanthus chrysanthus* se identificó círculos concéntricos alrededor del lugar de infección, caracterizada por una aureola amarilla alrededor de estas manchas (Figura 12).



Figura 12. Agentes causales de la sintomatología *Alternaria* en *Handroanthus chrysanthus*.

c) Oídium + Alternaria

Se observaron en las hojas de *Lafoensia acuminata* pequeñas manchas blancas aterciopeladas dispersas en forma de estrella. Afectando a la coloración de las mismas (Figura 13).



Figura 13. Agentes causales de la sintomatología *Oidium + Alternaria* en *Lafoensia acuminata*.

6.4 Daños mecánicos de las tres especies forestales

En el ensayo I (Figura 14), las especies que reportaron daños mecánicos visibles fueron *Handroanthus chrysanthus* (1,69 %) y *Podocarpus sprucei* (5,36 %) éstos fueron producidos principalmente por mal manejo de las plantas al momento del transporte y *Lafoensia acuminata* no registró daños.

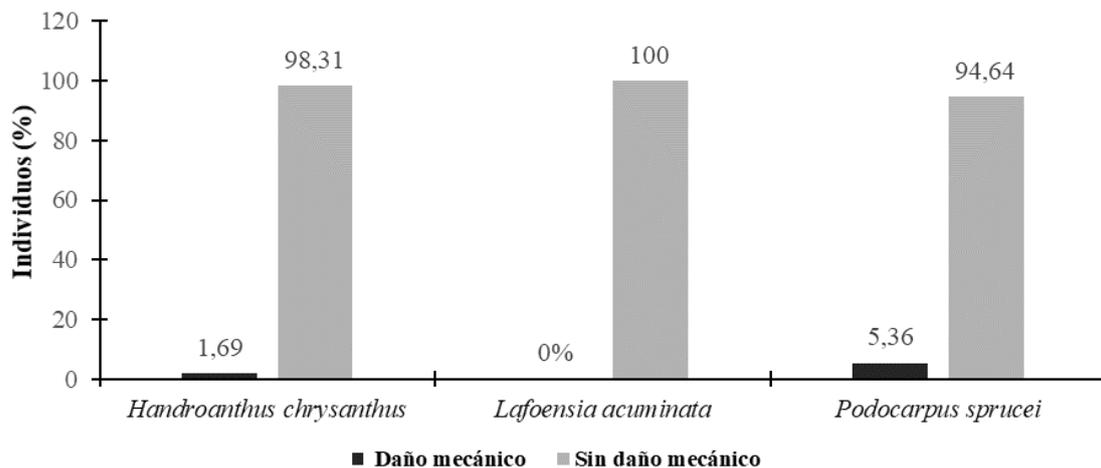


Figura 14. Daños mecánicos en las especies plantadas en el ensayo I.

En el ensayo 2 (Figura 15) se registró que el 48,33 % de individuos de *Lafoensia acuminata* presentaron daños mecánicos visibles, seguido de *Handroanthus chrysanthus* con 13,86 % y *Podocarpus sprucei* con 11,76 %. Los daños mecánicos, son mayores debido a la invasión del ganado vacuno, esto provocó que los ápices de algunas especies se rompieran e incluso provoquen la muerte de algunas plantas, afectando el crecimiento de las especies.

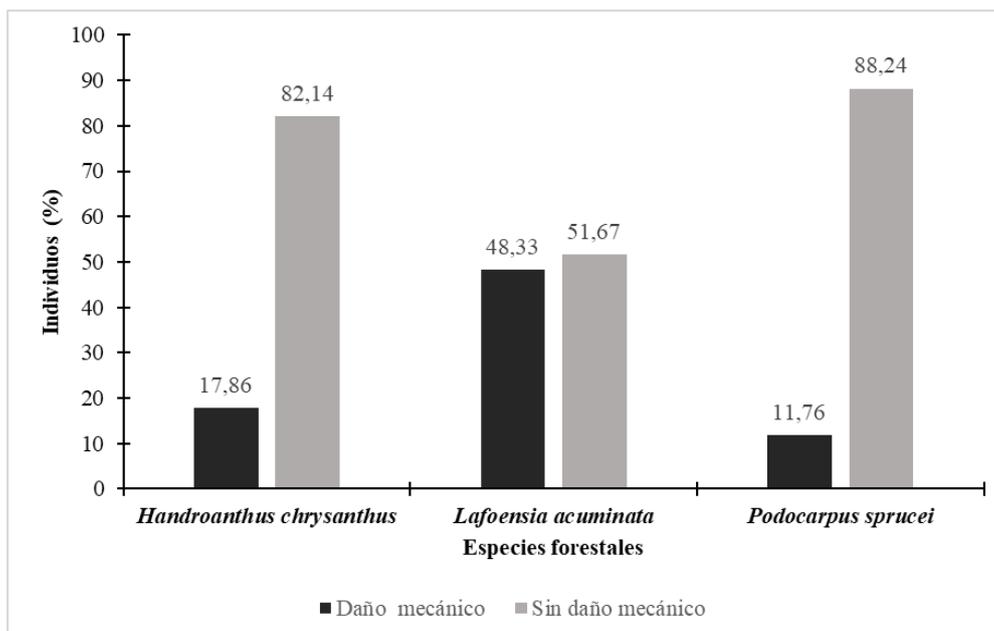


Figura 15. Daños mecánicos en las especies plantadas en el ensayo II.

6.5 Variables físicas de los ensayos de restauración

El suelo de los dos ensayos (Tabla 5) fue levemente diferente en textura, características y pendiente. En donde se puede encontrar que en el ensayo I es franco – Arenoso y en el ensayo II es Franco – Limoso, con un suelo débilmente ácido, con pendientes entre los 17,78 y 23 %.

Tabla 5. Análisis de las características físicas y químicas del suelo en los ensayos de restauración del matorral andino en el PUFVC.

Escenario	Textura			Descripción	DA(g/cm ³)	pH	Mo (%)	C (%)	Pendiente (%)
	Ao (%)	Lo (%)	Ac (%)						
Ensayo I	48,21	42,49	9,31	Franco-Arenoso	0,91	4,13	33,99	17,92	17,78
Ensayo II	45,52	43,84	10,64	Franco- Limoso	1,01	4,13	31,61	16,67	23,00

Nota: Ao= arena; Lo= limusina; Ac=arcilla; Mo= materia orgánica; C= carbono; DA= densidad aparente

6.6 Correlación de variables dasométricas y factores edáficos

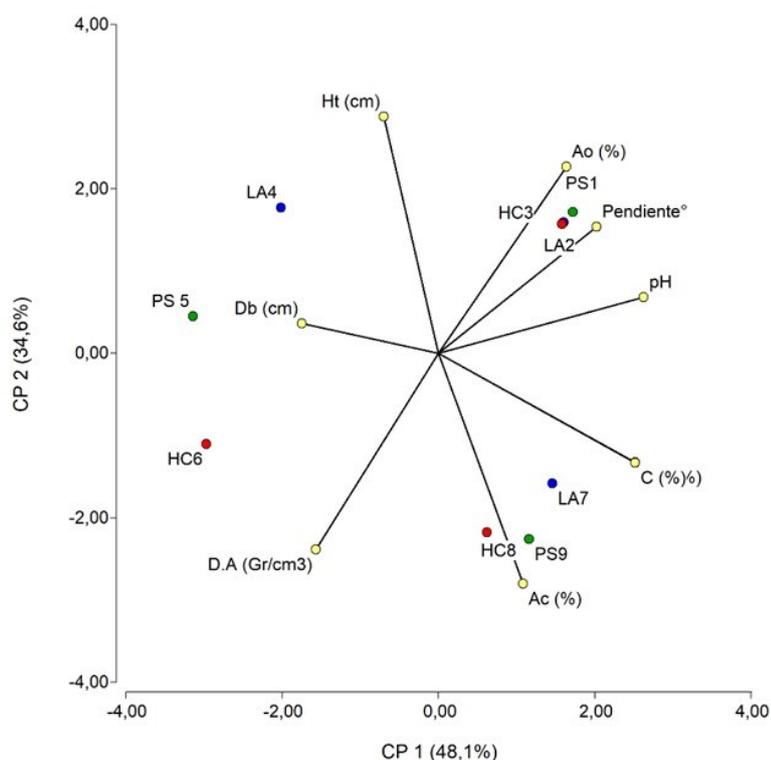
En el ensayo I (Tabla 6) se observó que el crecimiento en altura (Ht) con la pendiente y arena (Ao) está débilmente correlacionadas de forma positiva, en cambio el crecimiento en diámetro basal (Db) tiene una correlación positiva débil con la densidad aparente. Por otra parte, los crecimientos en diámetro basal y altura se correlacionaron negativamente entre moderada y fuerte con las variables de materia orgánica, carbono, densidad aparente y arcilla.

Tabla 6. Matriz de correlación/Coeficientes del crecimiento en diámetro y altura y variables edáficas del ensayo I. Nota Db= diámetro basal; Ht= altura total; Ao= arena; Ac= arcilla; D.A densidad aparente; MO= materia orgánica; C= carbono.

Variables	Db (cm)	Ht (cm)	Pendiente	Ao (%)	Ac (%)	D.A (g/cm ³)	pH	MO (%)	C (%)
Db (cm)	1								
Ht (cm)	0,2	1							
Pendiente	-0,27	0,3	1						
Ao (%)	-0,3	0,32	0,62	1					
Ac (%)	-0,26	-0,73	-0,01	-0,5	1				
D.A (g/cm ³)	0,19	-0,57	-0,77	-0,72	0,3	1			
pH	-0,52	-0,14	0,7	0,8	0,11	-0,63	1		
MO (%)	-0,53	-0,57	0,48	0,24	0,72	-0,24	0,77	1	
C (%)	-0,53	-0,57	0,48	0,23	0,72	-0,24	0,77	1	1

Los análisis de componentes principales (PCA) indica que el CP1(48,1%) existe una mayor explicación de los datos mientras que en CP2 (34,6 %) es menor, dando un potencial explicativo de 82,7 %. Se determinó (Figura 16) que *Lafoensia acuminata* de la parcela 4 (LA4) y *Podocarpus sprucei* en la parcela 5 (PS5) influye en las variables de diámetro y altura; para *Handroanthus chrysanthus* de la parcela 6 (HC6), esta correlacionado con la densidad aparente; *Handroanthus chrysanthus* de la parcela 8 (HC8), *Podocarpus sprucei*, parcela 9 (PS9) y *Lafoensia acuminata*, parcela 7 (LA7) está relacionado con las variables de arcilla, materia orgánica y carbono; *Handroanthus chrysanthus*, parcela (HC3), *Podocarpus sprucei*, parcela (PS1) y *Lafoensia acuminata*, parcela (LA2) están relacionadas con arena, pendiente y pH.

Figura 16. Biplot de las variables edáficas en el ensayo I, establecido en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.



En el ensayo II (Tabla 7) la altura (Ht) y el diámetro (Db) están correlacionados de manera negativa moderadamente y tiene una correlación de manera positiva débil con la densidad aparente (DA). La altura, esta correlacionada positiva entre nula a débil con la pendiente, pH, materia orgánica y carbono. La pendiente esta correlacionada de manera positiva fuerte con materia orgánica y carbono y una correlación fuerte con la arcilla.

Tabla 7. Matriz de correlación/Coefficientes del crecimiento en diámetro y altura y variables edáficas del ensayo II. Nota Db= diámetro basal; Ht= altura total; Ao= arena; Ac= arcilla; D. densidad aparente; MO= materia orgánica; C= carbono.

Variables	Db (cm)	Ht (cm)	Pendiente	Ao (%)	Ac (%)	D.A (g/cm ³)	pH	MO (%)	C (%)
Db (cm)	1								
Ht (cm)	-0,55	1							
Pendiente	-0,24	-0,06	1						
Ao (%)	-0,37	0,22	0,51	1					
Ac (%)	0,03	0,11	-0,86	-0,23	1				
D.A (g/cm ³)	0,43	-0,29	0,21	0,39	-0,04	1			
pH	-0,31	0,28	-0,15	0,73	0,5	0,32	1		
MO (%)	-0,25	0,07	0,88	0,78	-0,79	0,27	0,13	1	
C (%)	-0,25	0,07	0,88	0,78	-0,79	0,27	0,13	1	1

Los análisis de componentes principales (PCA) indica que el CP1(47,0%) existe una mayor explicación de los datos mientras que en CP2 (24,5 %) es menor, dando un potencial explicativo de 71,5 %. Se determinó (Figura 17) que *Lafoensia acuminata* de la parcela 2 (LA2), *Handroanthus chrysanthus*, parcela 3 (HC3) y *Podocarpus sprucei*, parcela 1 (PS1) influye en las variables de altura, pH y arena; para *Podocarpus sprucei* en la parcela 5 (PS5), *Lafoensia acuminata*, parcela 4 (LA4) y *Handroanthus chrysanthus* de la parcela 6 (HC6) incide en el diámetro y arcilla; mientras en *Handroanthus chrysanthus*, parcela 8 (HC8), *Lafoensia acuminata*, parcela 7 (LA7), *Podocarpus sprucei*, parcela 9 (PS9) y *Handroanthus chrysanthus*, parcela 3 (HC3), están relacionadas las variables densidad aparente, pendiente, carbono y materia orgánica

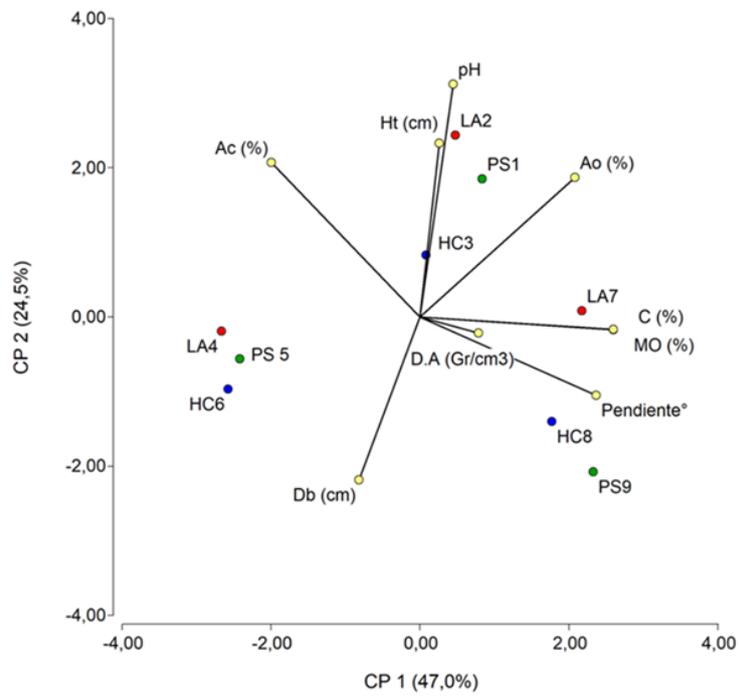


Figura 17. Biplot de las variables edáficas en el ensayo II, establecido en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

7. Discusión

7.1 Sobrevivencia y mortalidad de las especies

Las tres especies muestran una elevada tasa de sobrevivencia al completar los 11 meses desde su plantación. *Lafoensia acuminata* demostró una adaptación sobresaliente con 100 % en los dos ensayos, respaldando este hecho con el estudio de Aguirre y León (2011), quienes también observaron altos porcentajes de supervivencia, alcanzando un 94,4 % cuando las plantas fueron ubicadas en el centro de un área perturbada. Este respaldo se refuerza con los hallazgos de Aguirre et al. (2019), quienes, tras un período de seis años, observaron la sobrevivencia de *Lafoensia acuminata* en 91,67 %. Estos resultados sugieren que la especie se posiciona como aptas para la recuperación y el mantenimiento del equilibrio de la biodiversidad.

Handroanthus chrysanthus tiene un alto nivel de supervivencia en ambos ensayos que se realizó en el parque universitario “Francisco Vivar Castro” se asimilan a datos obtenidos por (González et al. 2010; Jiménez-Cueva & Palacios-Herrera 2023; Palomeque et al. 2020), que sugiriendo que la especie podría prosperar en el matorral andino durante procesos de recuperación. En otro estudio llevado a cabo en el trópico húmedo por González et al. (2019) observaron una tasa de supervivencia del 97,5 % a los 60 meses para *Handroanthus chrysanthus* y *Cedrela montana*. A diferencia de Aguirre et al. (2014) informaron una supervivencia del 5,56 % después de 4 años de monitoreo, sin embargo, es importante destacar que estos resultados no necesariamente indican una sobrevivencia a largo plazo.

Podocarpus sprucei registró una sobrevivencia del 93,3 % en el ensayo I y del 85 % en el ensayo II, resultados cercanos a lo mencionado por González et al. (2022) que menciona a *Podocarpus sprucei* con una alta sobrevivencia (> 94 %) en un arboretum de 14 años de edad establecido en el ecosistema andino.

7.2 Incremento de diámetro y altura

Lafoensia acuminata, tiene mayor crecimiento en altura, sobresaliente a las demás especies. Sus zonas apicales presentan un buen desarrollo logrando ganar altura, sin embargo, presenta un crecimiento bajo y lento en diámetro, esto se corrobora con lo indicado por Aguirre et al. (2019) que indica que en matorral andino *Lafoensia acuminata* luego de 3 años reportó buen crecimiento en altura con 21,95 cm, contrario al diámetro basal que fue bajo 0,08 cm. Estos resultados son respaldados por González et al. (2021) y Pico y Salazar (2020) que observaron un buen crecimiento en altura durante los primeros 3 a 5 años, seguido por una disminución antes de experimentar un aumento en el diámetro basal. Estos patrones coinciden con los informes de Aguirre y León (2011), registraron un aumento en la altura de *Lafoensia*

acuminata en seis meses, seguido por un considerable crecimiento en el diámetro después de cuatro años, alcanzando los 2,54 cm, cifra significativamente mayor que la observada en el matorral andino.

Handroanthus chrysanthus es una especie con un desarrollo particular; presenta un comportamiento caducifolio en ausencia de precipitaciones según Camacho-Moreno et al. (2017), cuando las temperaturas disminuyen y existen precipitaciones constantes vuelven a regenerar sus hojas, lo cual se observó en algunos individuos.

Los hallazgos de esta investigación muestran que *Handroanthus chrysanthus* fue la especie que experimentó mayor crecimiento en diámetro, concuerda con la investigación de Günter et al., (2009) y González et al. (2010) quienes llevaron a cabo un estudio en un bosque húmedo durante 60 meses, enfocándose en *Handroanthus chrysanthus*, donde se reportó un crecimiento notable en el diámetro basal de esta especie, influenciado por las características del sitio y la densidad de la vegetación en un entorno con presencia de hierbas y arbustos, no obstante, se observó que su crecimiento en altura era más lento en comparación con su crecimiento en diámetro.

Podocarpus sprucei es de desarrollo lento, sin embargo, es la segunda especie que reportó mejores crecimientos iniciales en diámetro y altura. Lo que se puede correlacionar con su preferencia por hábitat en zonas abiertas (Hofstede et al., 1998). González et al. (2022) mencionan que, esta especie tiene buen comportamiento en el crecimiento y reporta valores del diámetro basal entre 2,85 cm y 3,47 cm en periodos de 5 y 7 años, respectivamente, y crecimiento en altura con valores > 1,10 cm. Algunos parientes cercanos como *Retrophyllum rospigliosii* y *Prumnopitys harmsiana* en los bosques nublados albergan individuos longevos con diámetros mayores a 70 cm y hasta 47 m de altura (Yaguana et al., 2012), esto sugiere que las especies al plantarse en sitios idóneos presentan un buen desarrollo.

7.3 Estado fitosanitario de las especies

En el matorral andino *Handroanthus chrysanthus* y *Lafoensia acuminata* son las especies que presentan los porcentajes más altos en la categoría excelente en ambos ensayos, con valores entre el 73 y el 88 %. Esto indica que *Handroanthus chrysanthus* y *Lafoensia acuminata* son las especies más adaptadas a las condiciones ambientales de los ensayos, a pesar de ello se encontró presencia del ataque de hongos, los cuales en algunos casos solo pueden ser estacionales, estos resultados se relacionan con lo investigado por Díaz & Rivera (2009) en un estudio realizado sobre la calidad de las plántulas de la especie donde, *Handroanthus chrysanthus*, indica que se presentó un estado sanitario muy bueno, sin evidenciar ningún tipo de individuos que presenten indicios de plagas o enfermedades. Por otro lado, Aguilera (2001)

menciona que el principal problema de enfermedad en las plantas de *Handroanthus chrysanthus* es con especies de hormigas de los géneros *Formica* sp. *Atta* sp. y de termitas *Neotermes castaneus*.

Podocarpus sprucei, en cuanto a su estado fitosanitario es la que presenta porcentajes menores en ambos ensayos, con valores entre el 45 y 62 %. Así mismo, es la especie que presenta los porcentajes en la categoría regular y malo, con valores entre el 7 y 19 %, lo que implica que tiene algunos problemas fitosanitarios, esto se debe al ataque de enfermedades fungosas que pueden venir desde la producción en vivero o en su defecto es susceptible a los cambios del clima lo que hace que se vuelva vulnerable afectando a su desarrollo. Los problemas que se dieron en el ensayo II, sobre todo por las condiciones de anegamiento que se tuvo en el primer año pudo ser una causal para la presencia de enfermedades.

7.4 Correlación entre las variables dasométricas y los factores edáficos

En el diámetro basal, en el ensayo I (p-valor 0,0526) y ensayo II (p-valor 0,0698), existe diferencias significativas entre *Lafoensia acuminata* y *Handroanthus chrysanthus*, en la variable altura en el ensayo I (p-valor 0,0031) hay diferencias significativas entre *Lafoensia acuminata* y *Handroanthus chrysanthus* y no con *Podocarpus sprucei*, por otra parte, en el ensayo II (p-valor < 0,0001) no existe diferencias significativas entre *Handroanthus chrysanthus* y *Podocarpus sprucei*.

El análisis de componentes principales (PCA) y las variables edáficas de los ensayos revelaron un alto contenido de materia orgánica en el suelo, con niveles significativos de arcilla, arena, materia orgánica y carbono, características de los suelos andinos (Hofstede et al., 1998). Estos valores son considerablemente superiores a los encontrados en otros tipos de formaciones vegetales, como los bosques secundarios en las tierras bajas del piedemonte, que suelen tener entre un 4% y un 7% de materia orgánica (Jiménez et al., 2007). Se observará también un contenido elevado de carbono asociado a la materia orgánica, con valores en el rango del 16% al 17%, lo cual es común en los ecosistemas andinos, donde puede variar entre un 17% y un 68% (Ayala et al., 2014).

La densidad aparente del suelo se encontró generalmente baja y poco variable, lo que indica una buena porosidad y una compactación reducida de los suelos, según estudios previos (Enríquez y Cremona, 2018). Este indicador se considera importante para la conservación del suelo, ya que valores más bajos sugieren una mayor conservación y facilitan la emergencia de las plantas, según investigaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1999) y otros investigadores (Aguilar-Garavito y Ramírez).

8. Conclusiones

Lafoensia acuminata y *Handroanthus chrysanthus* presentan mayores probabilidades y facilidades de adaptarse a nuevas condiciones de microhábitat, *Lafoensia acuminata* es una especie que tiene alto nivel de sobrevivencia porque se adapta a diferentes condiciones ambientales, es resistente a la sequía y a las plagas, y tiene una alta capacidad de regeneración natural lo que las convierte en especies prometedoras para la restauración de la biodiversidad en áreas degradada. *Podocarpus sprucei* tuvo una mortalidad alta ya que estuvo asociada a problemas iniciales de anegamiento del suelo y pisoteo del ganado, especialmente en el ensayo II.

Lafoensia acuminata presenta mayor crecimiento en altura y *Handroanthus chrysanthus* en diámetro, sin embargo, se notó que la introducción de estas especies presenta dificultades, especialmente en las etapas iniciales, ya que las especies muestran preferencias por condiciones del suelo y el clima. Por lo tanto, buscan ajustarse para lograr adaptar su capacidad de recuperación y superar las barreras ecológicas del entorno.

Lafoensia acuminata es la especie más adaptada a las condiciones ambientales y edáficas del sitio y presenta menos problemas fitosanitarios, siendo la más estable y mantiene una calidad alta independientemente de las condiciones externas, mientras que *Handroanthus chrysanthus* y *Podocarpus sprucei* son vulnerables al estrés hídrico, es decir, la falta de agua en el suelo, afecta su crecimiento y desarrollo, puede debilitar las defensas naturales de las plantas y hacerlas más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades.

En el ensayo I los daños mecánicos fueron menores, esto debido al transporte de las plantas, sin embargo, en el ensayo II las tres especies evaluadas *Lafoensia acuminata*, *Handroanthus chrysanthus* y *Podocarpus sprucei* presentaron mayor proporción de daños, los cuales fueron provocados por la invasión de ganado vacuno de los colindantes; lo que ocasionó el pisoteo y ramoneo de las especies, afectando principalmente el tallo y las hojas (ápices rotos).

9. Recomendaciones

Lafoensia acuminata y *Handroanthus chrysanthus* debido a su alta sobrevivencia y habilidad para adaptarse en condiciones heterogéneas o áreas degradadas, se puede utilizar en una amplia gama de entornos, lo que lo convierte en una opción para la restauración.

Lafoensia acuminata, debido a su capacidad para actuar como indicador en la recuperación de la biodiversidad, se recomienda su plantación para promover la restauración de ecosistemas degradados y la conservación de la flora y fauna autóctonas.

Es fundamental realizar un seguimiento constante del estado fitosanitario de las especies, que se desee establecer para detectar cualquier problema fitosanitario a tiempo y aplicar medidas preventivas o correctivas.

Incluir el análisis de variables físicas es clave ya que determinan el desarrollo de las plantas a largo plazo y explican el aporte progresivo del mejoramiento del ecosistema. Asegurando que a futuro se pueda observar los cambios físico-químicos promovidos por los procesos de restauración.

Se sugiere continuar investigando sobre estas especies y su comportamiento en diferentes contextos ecológicos, lo que permitirá ajustar las estrategias de restauración y mejorar la conservación de la biodiversidad, por lo que las especies cambian su comportamiento en función de las condiciones ambientales y biológicas; conforme pase el tiempo posiblemente cambien su desarrollo y sobrevivencia.

10. Bibliografía

- Aguilera, M. (2001). *Ficha Taxonomica de Tabebuia chrysantha*. Ficha técnica. (En línea).<http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestación/Fichas%20Tecnicas/Tabebuia%20chrysantha.pdf>
- Aguirre-Mendoza, Z., Betancourt, Y., Geadá-López, G., & Jasen-González, H. (2013). *Composición florística y estructura de los bosques secos y su gestión para el desarrollo de la provincia de Loja, Ecuador. Floristic composition and structure of dry forests and their management for the development of the province of Loja, Ecuador.*
- Aguirre, N. (2007). Silvicultural contributions to the reforestation with native species in the tropical mountain rainforest region of South Ecuador. *Geomorphology*, 1(1), 157.
- Aguirre, N., & Weber, M. (2007). Enriquecimiento de plantaciones forestales como herramienta para la rehabilitación de ambientes degradados en la region sur Ecuatoriana Nikolay Aguirre Mendoza 1& Michael Weber 2. *Naturaleza y Desarrollo Agropecuario*, 1–15.
- Aguirre, Z. (2013). Guía de metodos para medir la Biodiversidad. *Universidad Nacional de Loja*.
- Aguirre, Z., Gaona, T., Granda, V., & Carrións, J. C. (2019). *Sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de tres especies forestales plantadas en matorral andino en el sur del Ecuador.*
- Aguirre, Z., & Yaguana, C. (2014). Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro. *Universidad Nacional de Loja*, 30.
- Anton, A. (2015). Estrategia para la proteccion, mejora y gestion de la biodiversidad en Bizkaia. *Diputacion Foral de Bizkaia Departamento de Medio Ambiente*, 1–131.
- Arriaga, L. (2000). Types and causes of tree mortality in a tropical montane cloud forest of Tamaulipas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 16(5), 623–636.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordoñez, L., Tipán, M., Espinoza, L., Rivera, M., & Soria, P. (2004). *La Vegetación de los Andes del Ecuador.*

- Barrena, V., & Llerena, C. (1988). Influence of height estimation errors in the calculation of volume. *Revista Forestal Del Perú*, 15(1), 1–11.
- Bormann, F. H. (1994). *Pattern and process in a forested ecosystem*.
- Bremer, L. L., & Farley, K. A. (2010). Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, 19(14), 3893–3915.
- Busch, J., & Engelmann, J. (2017). Cost-effectiveness of reducing emissions from tropical deforestation, 2016–2050. *Environmental Research Letters*, 13(1), 015001.
- Bussmann, R. W. (2002). *Vegetation Ecology and Regeneration of Tropical Mountain Forests* (Issue January 2002).
- Cabrera, G., & Crespo, G. (2001). Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(1), 3–9.
- Camacho-Moreno, E., López Ortiz, S., Olguín Palacios, C., Suárez Islas, A., Valdez Hernández, J. I., Pineda Herrera, E., Camacho Moreno, E., López Ortiz, S., Olguín Palacios, C., Suárez Islas, A., Valdez Hernández, J. I., & Pineda Herrera, E. (2017). *Fenología y arquitectura arbórea de Calyptanthes schiedeana O.Berg, Lysiloma acapulcense (Kunth) Benth y Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson en agroecosistemas de Veracruz. In Revista mexicana de ciencias forestales* (Vol. 8, Issue 40). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Carrasco, J., García-Huidobro, J., & Valenzuela, F. (2010). El suelo y su relación con el manejo. *Boletín INIA*, 47–69.
- Cerisola, C. (2015). *Manejo y Conservación de suelos Agrícolas*.
- Chuncho M, C., & Chuncho, G. (2019). BOSQUES LATITUD CERO Publicado por Editorial Universidad Nacional de Loja bajo licencia Creative Commons 4.0 Consultor ambiental-MAE-SUIA-0280-CI y Ex docente la Universidad Nacional de Loja, Ecuador Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una re. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71–83.
- Cuesta, F., Peralvo, M., & Valarezo, N. (2009). *Los bosques Montanos de los Andes Tropicales*.

1–41.

Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M., & Balslev, H. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). *InfoStat* (versión 24). Universidad Nacional de Córdoba.

Díaz, M., & Rivera, A. (2009). *Evaluación del comportamiento inicial de especies forestales plantadas en diferentes estadios de sucesion en la Estación Científica San Francisco, Provincia de Zamora Chimchipe*. 62.

Escobar, O., & Rodríguez, J. (1993). *Las maderas en Colombia*. 100, 27.

FAO. (1996). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*.

FAO. (2012). *Factores ambientales efectos de la temperatura*.

FAO. (2022). El estado de los bosques del mundo 2022, Vías forestales hacia la recuperación verde y la creación de economías inclusivas, resilientes y sostenibles. In *El estado de los bosques del mundo 2022*.

Farina, A. (2000). *Holistic landscape ecology in action*. 50, 1–6.

FORAGUA. (2020). *51.000 HECTÁREAS POTENCIALES PARA RESTAURACIÓN – FONDO AMBIENTAL Y DEL AGUA*.

Gale, W. J., Cambardella, C. A., & Bailey, T. B. (2000). Surface Residue– and Root-derived Carbon in Stable and Unstable Aggregates. *Soil Science Society of America Journal*, 64(1), 196–201.

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46.

Gayoso, J., & Alarcón, D. (2004). *Guia De Conservación De Suelos Forestales*. 1, 1–14.

- González, L., Gutiérrez, M., Aguirre, Z., & Benítez, Á. (2022). Dinámica del crecimiento de *Podocarpus oleifolius* y *Podocarpus sprucei* establecidas en el Jardín Botánico “Reinaldo Espinosa”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 71–82.
- González, M. V., Guamán, V. H., Moreno Serrano, J., Guerrero Rodríguez, R., Minchala Patiño, J., Yaguana Arévalo, M., & Valarezo Ortega, C. (2018). Comportamiento inicial de cuatro especies forestales nativas de bosque seco , en un huerto semillero en la Estación Experimental Zapotepamba , provincia de Loja , Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(1), 1–16.
- Graetz, H. A. (1997). *Suelos y fertilización*. 80.
- Günter, S., Gonzalez, P., Álvarez, G., Aguirre, N., Palomeque, X., Haubrich, F., & Weber, M. (2009). Determinants for successful reforestation of abandoned pastures in the Andes: Soil conditions and vegetation cover. *Forest Ecology and Management*, 258(2), 81–91.
- Hofstede, R., Lips, J., & Jongasma, W. (1998). *Geografía, ecología y forestación de la Sierra del Ecuador*.
- Holl, K. D., & Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, 261(10), 1558–1563.
- Holl, K. D., Loik, M. E., Lin, E. H. V., & Samuels, I. A. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, 8(4), 339–349.
- Jaramillo, N., Peña, J., Eras, T., & Aguirre, Z. (2004). *Flora característica del PUFVC*. 7.
- Jimenez-Cueva, T., & Palacios-Herrera, B. (2023). *Establecimiento de una plantación de nueve especies forestales con fines de rehabilitación de suelos degradados en la hacienda la Florencia en el Cantón y provincia de Loja Establishment of a plantation of nine forest species for the purpose of rehabilita*. 2036–2051.
- Keller, T., & Håkansson, I. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*, 154(3–4), 398–406.
- Kin, A. G., & Ledent, J. (2010). Efectos del viento sobre las plantas Acción directa del viento.

- Efectos Del Viento Sobre Las Plantas*, 2, 43–70.
- Krogh, A. (2021). *State of the tropical rainforest*. 1–32.
- Laban, P., Metternicht, G., & Davies, J. (2018). *Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas*.
- Leon-Yáñez, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C., & Navarrete, H. (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*.
- Lieberman, D., & Lieberman, M. (1987). Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). *Journal of Tropical Ecology*, 3(4), 347–358.
- Linares-Palomino, R., Kvist, L. P., Aguirre-Mendoza, Z., & Gonzales-Inca, C. (2010). Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*, 19(1), 169–185.
- Llambí, L. D., Soto-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., Borja, P., Soto, A., Borja, P., Ochoa, B., Celleri, R., & Bievre, B. (2012). Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos. In *Los suelos del Páramo*.
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur del Ecuador. *Botanica Austroecuadoriana*, 2002, 29–49.
- MAE. (2013). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. *Subsecretaría de Patrimonio Natural*, 186.
- MAE. (2017). *El florecimiento de los guayacanes pinta de amarillo los bosques de Zapotillo – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*.
- MAE. (2019). *Programa Nacional de Reforestación con Fines de Conservación Ambiental, Protección de Cuencas Hidrográficas y Beneficios Alternos*.
- MAE (Ministerio del ambiente del Ecuador). (2013). *Plan Nacional de Restauración Forestal*.
- Marchese, C. (2015). Biodiversity hotspots: A shortcut for a more complicated concept. *Global Ecology and Conservation*, 3, 297–309.

- Martínez, R. M., Tuya, L. C., Martínez, M., Pérez, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2).
- Mazón, M., Maita, J., & Aguirre, N. (2017). Restauración del paisaje en Latinoamérica: experiencias y perspectivas futuras. In *Memorias del primer congreso Ecuatoriano de Restauración del Paisaje*.
- Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). Principios de pudrición vegetal. *Instituto Internacional de La Potasa*, 1, 11–23.
- Mola, I., Sopena, A., & de Torre, R. (2018). Guía Práctica de Restauración Ecológica. *Fundación Biodiversidad Del Ministerio Para La Transición Ecológica*, 77.
- Montagnini, F. (2008). *Management for Sustainability and Restoration of Degraded Pastures in the Neotropics*.
- Moreira Braz, A., Helena, P., García, M., André, Δ, Pinto, L., Salinas Chávez, ‡ Eduardo, Ivanilton, ◇, & De Oliveira, J. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra *. *Revista Colombiana de Geografía* |, 29, 69–85.
- Morlans, M. C. (2004). Introducción a la ecología de poblaciones. *Editorial Científica Universitaria*, 1, 1–170.
- Muñoz Chamba, L. F., Ulloa, E., Muñoz, J., & Aguirre, Z. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 13–25.
- Muñoz, J. (2017). Natural Regeneration: A review of the ecological aspects in the tropical mountain forest of southern Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 130–143.
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Peralvo, M., & Gálmez, V. (2017). *La restauración de Bosques Andinos Tropicales*.
- Nieto, V., & Rodríguez, J. (2010). *Lafoensia acuminata* (Kunth) DC. *Manual de Semillas de Árboles Tropicales*, 517–518.

- ONU(Organización de las Naciones Unidas). (1993). *Introducción a la ergonomía forestal para países en desarrollo Introducción a la ergonomía forestal*.
- Palacios, W. (2011). *Familias y géneros arbóreos del Ecuador. Manual de Identificación* (p. 129).
- Palomeque, X., Günter, S., Hildebrandt, P., Stimm, B., Aguirre, N., & Weber, M. (2020). *Reforestación con especies nativas y exóticas: caso del valle de San Francisco, Zamora Chinchipe*.
- Pedraza, R. A., & Williams-Linera, G. (2003). Evaluation of native tree species for the rehabilitation of deforested areas in a Mexican cloud forest. *New Forests*, 26(1), 83–99.
- PIThomas, & Farjon, A. (2018). *Podocarpus sprucei*. <https://doi.org/10.24133/riie.v21i3.601>
- Prach, K., Řehouňková, K., Lencová, K., Jírová, A., Konvalinková, P., Mudrák, O., Študent, V., Vaněček, Z., Tichý, L., Petřík, P., Šmilauer, P., & Pyšek, P. (2014). Vegetation succession in restoration of disturbed sites in Central Europe: The direction of succession and species richness across 19 seres. *Applied Vegetation Science*, 17(2), 193–200.
- Quintol, H., Rengifo, R., & Ramos, V. (2008). Mortalidad Y Reclutamiento De Árboles En Un Bosque Pluvial Tropical De Chocó (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 62(1), 4855–4868.
- Rangel, O., Lowy, P., & Aguilar, M. (1997). Colombia diversidad biotica - Tipos de vegetación en Colombia. *Colombia Diversidad Biotica Ii*, 305–356.
- Revivemx. (2007). *Fichas para la propagacion de arboles clave para la restauración ecologica*. 1–4.
- Ruiz-Jaén, M. C., & Aide, T. M. (2005). Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management*, 218(1–3), 159–173.
- Ruiz, V. (2018). Liberación de predadores para el control de ácaros plaga en Guayacán de Manizales *Lafouensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC. (Myrtales: Lythraceae). *New England Journal of Medicine*, 372(2), 2499–2508.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931

- Sanzano, A. (2019). *Los factores de formación del suelo*. 1–15.
- Stimm, B., Beck, E., Günter, S., Aguirre, N., Cueva, E., Mosandl, R., & Weber, M. (2008). *Reforestation of Abandoned Pastures : Seed Ecology of Native Species and Production of Indigenous Plant Material*. 417–418.
- Torres Rojo, J. M. (2021). Factores ambientales y físicos que afectan la supervivencia de siete especies forestales en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(64), 66–91.
- Tschieder, E., Goya, J. F., & Achinelli, F. (2013). *Curso de Silvicultura 2013 Unidad III: Dinámica del rodal-Crecimiento*.
- Turner, M. (2010). *Disturbance and landscape dynamics in a changing world*. 91(January), 2833–2849.
- Villacis, G., Aguirre, Z., Gonzalez, A., Benitez, E., & Aguirre, N. (2015). *Pasado, presente y futuro de los “guayacanes” Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S. O. Grose y Handroanthus billbergii (Bureau & K. Schum.) S. O. Grose, de los bosques secos de Loja, Ecuador*. 2015(1), 1–239.
- White, P. S., & Pickett, S. T. A. (1985). The ecology of natural disturbance and patch dynamics. In *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*.
- Williams-Linera, G., Alvarez-Aquino, C., & Pedraza, R. A. (2011). Forest restoration in the tropical montane cloud forest belt of central Veracruz, Mexico. In *Tropical Montane Cloud Forests* (pp. 618–627). Cambridge University Press.
- Wilson, S. J., & Rhemtulla, J. M. (2016). Acceleration and novelty: community restoration speeds recovery and transforms species composition in Andean cloud forest. *Ecological Applications : A Publication of the Ecological Society of America*, 26(1), 203–218.
- Wolf, B., & Snyder, G. (2003). Sustainable Soils : The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity. *Sustainable Soils*.

- Yaguana, C., Lozano, D., Neill, D. A., & Asanza, M. (2012). Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchipec, Ecuador: El “bosque gigante” de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología*, 1(3), 226–247.
- Yepes, A., & Silveira, M. (2011). Plant responses to meteorological events related to climate change - review. *Colombia Forestal*, 14(0120–0739), 213–232.
- Zahawi, R. A., Holl, K. D., Cole, R. J., & Reid, J. L. (2013). Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Journal of Applied Ecology*, 50(1), 88–96.

Anexos

Anexo 1. Inventario del crecimiento de diámetro basal y altura total; sobrevivencia, estado fitosanitario y daño mecánico de las especies forestales plantadas en los dos ensayos en el matorral andino del PUFVC.

Parcelas	Especies	DB (cm) inicial	HT (cm) Inicial	DB (cm) Final	HT (cm) Final	Vivo	Muerto	Estado Fitosanitario	Mecánico
1	Podocarpus sprucei	0,51	11,6	0,6	25,5	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,51	14,6	0,55	25	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,61	14	0,7	23	1		4	1
1	Podocarpus sprucei	0,44	31,3	0,55	34,5	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,44	15,4	0,5	27	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,56	22,1	0,65	27	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,47	17,8	0,6	33	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,41	13,7	0	0		1	x	
1	Podocarpus sprucei	0,48	20,3	0,54	22	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,47	23,1	0,53	26,5	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,59	21,8	0,62	23,5	1			2
1	Podocarpus sprucei	0,48	29,2	0,62	31	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,42	20,4	0,55	23	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,49	22,4	0,55	25	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,43	24,7	0,58	31	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,34	21,3	0,55	27	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,51	27,4	0,65	30	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,43	37,3	0,57	39,5	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,44	23,8	0,59	27,6	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,42	25,3	0,5	26,7	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,52	38,4	0,65	39,7	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,53	38,4	0,66	40	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,35	33,4	0,39	35	1		2	1
2	Lafoensia acuminata	0,34	29,3	0,5	38	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,43	36,9	0,65	38,5	1		1	1

2	Lafoensia acuminata	0,58	39,2	0,65	44	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,43	38,6	0,55	40	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,41	20,6	0,53	30,2	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,42	32,2	0,63	40	1		3	1
2	Lafoensia acuminata	0,48	29,1	0,52	35	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,49	42,1	0,58	47	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,47	27,6	0,56	30	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,46	38,2	0,6	51	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,61	28,5	0,72	29,4	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,59	30	0,68	37,5	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,58	37,2	0,65	38	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,53	39,8	0,64	41	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,48	40	0,5	44	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,55	45	0,61	49	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,49	31,9	0,54	55,5	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,41	13,4	0,75	25	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,55	28,7	0,6	32,2	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,46	11,6	0,54	13	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,67	19,6	0,9	25	1		2	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,67	14,7	0,7	19	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,61	17,1	0,69	19	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,63	15,3	0,76	16,8	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,57	10,9	0,35	7	1		3	2
3	Handroanthus chrysanthus	0,53	13,3	0,65	14,9	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,54	12,7	0,85	20	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,44	16,3	0,82	21	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,6	15,2	0,75	17	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,52	10,3	0,7	19,5	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,53	13,6	0,7	22	1		2	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,55	13,2	0,95	16	1		2	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,46	15,4	0,58	18	1		1	1

3	Handroanthus chrysanthus	0,51	12,9	0,65	15	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,59	15	0,75	20	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,56	12	0,65	15	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,51	11,4	0,62	17	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,46	30,6	0,6	44	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,5	41,9	0,6	47,4	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,56	32,3	0,65	41	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,57	41	0,65	41,2	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,42	35,7	0,51	38,6	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,67	42	0,7	46,8	1		2	1
4	Lafoensia acuminata	0,56	21,6	0,8	50,7	1		2	1
4	Lafoensia acuminata	0,42	34,3	0,6	40,8	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,56	41,1	0,75	46	1		2	1
4	Lafoensia acuminata	0,42	33,1	0,82	42,7	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,6	42,4	0,7	44,2	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,6	44,6	0,7	46,8	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,61	49,6	0,7	54,6	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,51	43,2	0,75	47,5	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,36	27	0,62	43,6	1		2	1
4	Lafoensia acuminata	0,48	37,1	0,8	39,7	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,51	41,3	0,9	57,3	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,42	34,1	0,7	38,4	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,57	29,4	0,75	35,6	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,66	50,2	0,73	56	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,56	32,1	0	0		1	x	
5	Podocarpus sprucei	0,43	27,7	0	0		1	x	
5	Podocarpus sprucei	0,56	18,1	0	0		1	x	
5	Podocarpus sprucei	0,53	24,1	0,62	32,2	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,46	23,6	0,6	28,1	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,48	23,2	0,9	27	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,62	27,4	0,69	29,6	1		2	1

5	Podocarpus sprucei	0,38	22,6	0,62	28,4	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,38	20,4	0,76	28,3	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,49	23,3	0,7	26	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,35	17,3	0,62	25,2	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,58	39,1	0,65	40,9	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,31	27,5	0,67	29,7	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,37	19,8	0,86	34,5	1		3	1
5	Podocarpus sprucei	0,59	35,4	0,65	39,3	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,45	15,6	0,7	30,2	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,25	18,2	0,7	26,3	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,44	17,6	0,9	25,8	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,56	35,1	0,65	35,3	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,44	15,6	0,45	18,5	1			2
6	Handroanthus chrysanthus	0,91	19,3	0,98	22,6	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,58	16,3	0,8	18,4	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,64	17,4	0,76	18,2	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,64	13,6	1,1	25	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,62	16,2	0,7	21,2	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,58	14,4	0,65	15,5	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,59	12,2	0,68	14,5	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,56	18,3	0,66	19,7	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,53	19,6	0,84	20,4	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,67	16,4	0,75	17,2	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,51	13,4	0,85	17	1		2	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,61	15,4	0,7	18,2	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,55	12,3	0,7	15,6	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,53	16,6	0,65	17,3	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,68	17,1	0,7	18,9	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,67	15,7	0,76	19,5	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,57	13,2	0	0		1	x	
6	Handroanthus chrysanthus	0,46	13,2	0,7	16,9	1		1	1

6	Handroanthus chrysanthus	0,61	15,4	0,65	15,9	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,78	13,2	0,8	14,4	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,54	39,1	0,58	41,5	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,56	41,9	0,61	42,1	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,51	25,8	0,64	28	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,62	47,2	0,78	51,5	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,5	44,9	0,6	56,4	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,56	44,1	0,63	45,8	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,48	35,2	0,51	39	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,61	44,8	0,75	46	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,55	41,1	0,68	44,7	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,42	48,8	0,51	51,2	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,53	39,5	0,55	46	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,34	31,2	0,42	34,8	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,61	44,2	0,6	48,2	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,54	41,4	0,61	41,7	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,62	36,6	0,6	38	1		2	1
7	Lafoensia acuminata	0,43	35,1	0,55	37,5	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,52	45,6	0,54	53,5	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,63	46,2	0,68	50,4	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,55	49,2	0,54	56,2	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,53	41,2	0,57	42,3	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,57	14,6	0,69	15,7	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,58	14,4	0,8	16,5	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,52	10,1	0,71	10,5	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,5	13	0,51	14	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,51	11,4	0,82	11,5	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,33	11,8	0,55	13,8	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,57	15	1,01	16	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,49	16,4	0,81	16,7	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,71	16,8	1,05	17	1		1	1

8	Handroanthus chrysanthus	0,53	12,1	0,75	13,8	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,47	13,1	0,76	15,4	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,57	12,9	0,8	14,5	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,74	16,4	0,78	16,9	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,57	15,2	0,71	15,8	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,51	13,9	0,93	22,3	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,51	13,2	0,56	13,6	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,65	13	0,79	14,2	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,52	14,1	0,56	14,9	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,64	15	0,76	16,4	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,54	10	0,67	10,8	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,31	22,7	0,45	23,7	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,46	31,2	0,53	32,7	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,52	22,9	0,68	26,5	1		3	1
9	Podocarpus sprucei	0,44	34,2	0,7	34,6	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,46	22,5	0,55	23,8	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,43	32,3	0,65	36,8	1		2	1
9	Podocarpus sprucei	0,64	31,5	0,66	33,7	1		2	1
9	Podocarpus sprucei	0,45	27	0,61	27,2	1		3	1
9	Podocarpus sprucei	0,48	27,1	0,55	28	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,42	20,6	0,43	22,5	1			2
9	Podocarpus sprucei	0,56	23	0,6	24,8	1		2	1
9	Podocarpus sprucei	0,56	22,7	0,6	23,2	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,42	30,2	0,52	30,5	1		3	1
9	Podocarpus sprucei	0,52	25,8	0,58	28,7	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,36	17,1	0,4	18,3	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,41	28,3	0,51	29,2	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,47	26,4	0,63	27,6	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,56	23,6	0,63	24,9	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,37	22,6	0,39	24	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,44	21,2	0,47	23	1		1	1

Ensayo II									
1	Podocarpus sprucei	0,46	36,8	0,55	26,20	1		3	1
1	Podocarpus sprucei	0,49	31,2	0,54	36,00	1		3	1
1	Podocarpus sprucei	0,25	29,8	0,31	30,00	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,46	30,6	0,61	31,70	1		1	1
1	Podocarpus sprucei	0,42	19	0,46	20,00	1		4	1
1	Podocarpus sprucei	0,41	30,3	0,61	35,00	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,45	25,1	0,52	25,60	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,53	28,4	0,56	30,00	1		4	1
1	Podocarpus sprucei	0,44	32,7	0,00	0,00		1		
1	Podocarpus sprucei	0,46	36,2	0,52	37,30	1		3	1
1	Podocarpus sprucei	0,51	32	0,61	36,20	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,41	19,8	0,52	20,50	1			2
1	Podocarpus sprucei	0,41	27,2	0,42	30,00	1		3	1
1	Podocarpus sprucei	0,52	20,6	0,64	23,20	1		3	1
1	Podocarpus sprucei	0,59	32,1	0,62	33,50	1		3	1
1	Podocarpus sprucei	0,5	32,2	0,62	35,80	1		3	1
1	Podocarpus sprucei	0,44	24,3	0,51	26,40	1			2
1	Podocarpus sprucei	0,36	16,1	0,00	0,00		1		
1	Podocarpus sprucei	0,48	30,1	0,51	32,00	1		2	1
1	Podocarpus sprucei	0,44	30,3	0,52	33,50	1		3	1
2	Lafoensia acuminata	0,46	17,6	0,52	15,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,57	28,1	0,61	29,50	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,52	29,4	0,62	28,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,52	29,6	0,61	20,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,48	32,5	0,52	11,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,49	32,4	0,62	25,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,36	30,2	0,42	35,00	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,49	30,2	0,61	31,00	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,35	37,7	0,41	25,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,43	37,2	0,51	39,00	1		1	1

2	Lafoensia acuminata	0,33	30,4	0,42	32,00	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,32	39,2	0,41	25,50	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,6	30,8	0,72	19,50	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,37	32,1	0,42	20,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,5	30,5	0,51	37,00	1		1	1
2	Lafoensia acuminata	0,3	37,2	0,32	22,50	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,35	29,6	0,40	32,50	1		4	1
2	Lafoensia acuminata	0,33	34,1	0,40	8,00	1			2
2	Lafoensia acuminata	0,51	32,1	0,52	32,00	1			1
2	Lafoensia acuminata	0,29	18,4	0,40	17,00	1			2
3	Handroanthus chrysanthus	0,59	10,0	0,85	12,00	1		2	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,62	10,8	0,64	10,00	1		3	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,44	17,0	0,65	17,20	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,68	16,8	0,75	17,20	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,62	17,6	0,00	0,00		1		
3	Handroanthus chrysanthus	0,53	12,2	0,70	14,00	1		2	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,67	15,6	0,85	10,51	1		2	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,61	15,8	0,65	18,50	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,68	17,2	0,75	18,00	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,68	14,0	0,70	14,50	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,31	12,2	0,00	0,00		1		
3	Handroanthus chrysanthus	0,47	17,7	0,55	13,00	1			2
3	Handroanthus chrysanthus	0,62	14,2	0,70	12,00	1			2
3	Handroanthus chrysanthus	0,55	10,5	0,75	9,50	1			2
3	Handroanthus chrysanthus	0,51	12,2	0,60	13,00	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,73	18,0	0,90	20,00	1		2	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,55	9,5	0,64	10,00	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,54	12,7	0,58	9,60	1			2
3	Handroanthus chrysanthus	0,52	13,4	0,60	15,00	1		1	1
3	Handroanthus chrysanthus	0,45	14,1	0,85	15,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,47	31,2	0,52	34,00	1		1	1

4	Lafoensia acuminata	0,42	44,8	0,50	14,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,42	24,6	0,45	24,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,32	20,3	0,50	22,50	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,57	38,8	0,60	20,00	1		2	1
4	Lafoensia acuminata	0,35	23,8	0,55	27,00	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,56	18,3	0,65	22,00	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,48	23,1	0,52	28,50	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,62	27	0,72	21,50	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,59	24,2	0,76	29,00	1		1	1
4	Lafoensia acuminata	0,52	32,4	0,60	32,00	1		2	1
4	Lafoensia acuminata	0,63	26,5	0,70	22,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,54	23,5	0,60	20,50	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,56	19,2	0,70	20,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,55	19,3	0,62	18,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,31	20,6	0,60	16,50	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,61	27,2	0,65	25,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,46	23,5	0,80	22,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,44	13,4	0,80	14,00	1			2
4	Lafoensia acuminata	0,45	34,3	0,61	35,00	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,58	22,4	0,00	0,00			1	
5	Podocarpus sprucei	0,48	31,6	0,54	31,40	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,51	32,3	0,56	6,30	1			2
5	Podocarpus sprucei	0,35	26	0,41	6,30	1			2
5	Podocarpus sprucei	0,49	32,4	0,00	0,00			1	
5	Podocarpus sprucei	0,49	35,7	0,51	0,00	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,47	28,3	0,50	29,20	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,48	33	0,00	0,00			1	
5	Podocarpus sprucei	0,44	34,6	0,46	0,00	1		2	1
5	Podocarpus sprucei	0,49	26	0,00	0,00			1	
5	Podocarpus sprucei	0,42	27,2	0,56	28,00	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,48	31,2	0,00	0,00			1	

5	Podocarpus sprucei	0,41	20,7	0,55	21,00	1			2
5	Podocarpus sprucei	0,57	27,2	0,00	0,00		1		
5	Podocarpus sprucei	0,33	19,8	0,36	0,00	1			2
5	Podocarpus sprucei	0,42	29,2	0,70	29,80	1		3	1
5	Podocarpus sprucei	0,47	28	0,65	28,30	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,52	26,1	0,70	26,40	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,52	30,6	0,60	32,00	1		1	1
5	Podocarpus sprucei	0,5	33,6	0,55	34,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,59	15,2	0,70	17,50	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,55	16,7	0,65	17,60	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,56	16,1	0,80	18,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,56	14,3	0,65	15,20	1		2	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,66	14	0,70	15,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,67	17,5	0,75	16,00	1			2
6	Handroanthus chrysanthus	0,59	13,4	0,62	10,70	1			2
6	Handroanthus chrysanthus	0,64	15,8	0,70	18,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,67	14,1	0,80	14,40	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,71	16	0,00	0,00		1		
6	Handroanthus chrysanthus	0,53	15,6	0,70	13,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,75	16	0,85	10,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,47	17,6	0,75	19,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,64	21,5	0,00	0,00		1		
6	Handroanthus chrysanthus	0,52	14,5	0,75	15,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,42	12,6	0,60	13,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,53	13	0,61	13,50	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,56	14	0,61	10,00	1			2
6	Handroanthus chrysanthus	0,42	22,7	0,71	24,00	1		1	1
6	Handroanthus chrysanthus	0,59	14,5	0,65	10,70	1			2
7	Lafoensia acuminata	0,3	36,1	0,34	38,50	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,39	33,6	0,40	36,00	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,5	34	0,55	38,50	1		1	1

7	Lafoensia acuminata	0,45	17	0,51	22,00	1			2
7	Lafoensia acuminata	0,5	36,7	0,51	39,00	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,5	24,2	0,62	28,50	1			2
7	Lafoensia acuminata	0,3	41	0,34	20,50	1		2	1
7	Lafoensia acuminata	0,44	34,5	0,55	41,00	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,63	35,1	0,66	38,50	1			2
7	Lafoensia acuminata	0,53	28,5	0,61	30,50	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,55	33,2	0,65	35,00	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,4	28	0,50	33,50	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,4	31	0,42	31,50	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,44	36,3	0,61	38,50	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,47	33,5	0,54	37,00	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,49	30,2	0,57	32,00	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,48	30,5	0,56	26,60	1			2
7	Lafoensia acuminata	0,5	29,8	0,55	27,70	1			2
7	Lafoensia acuminata	0,51	29,8	0,58	31,20	1		1	1
7	Lafoensia acuminata	0,49	27,7	0,56	31,00	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,42	12,9	0,54	16,50	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,58	13,1	0,72	13,60	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,61	14	0,70	14,20	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,63	12,1	0,82	12,30	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,5	14	0,60	14,30	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,46	16,5	0,54	12,00	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,61	15,2	0,67	18,50	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,51	13	0,66	13,30	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,66	10	0,70	11,00	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,75	15,2	0,82	15,50	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,61	14,8	0,74	15,60	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,63	17,5	0,75	18,10	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,52	12	0,66	12,60	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,62	15,1	0,82	15,70	1		2	1

8	Handroanthus chrysanthus	0,63	15	0,70	15,60	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,56	12	0,70	13,00	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,3	10	0,31	11,50	1		1	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,62	10,3	0,70	11,00	1			2
8	Handroanthus chrysanthus	0,63	15,5	0,72	16,00	1		2	1
8	Handroanthus chrysanthus	0,66	15,7	0,83	16,40	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,42	29	0,66	29,80	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,52	30,9	0,00	0,00		1		
9	Podocarpus sprucei	0,47	22,6	0,53	23,50	1		2	1
9	Podocarpus sprucei	0,44	27,3	0,66	28,00	1		2	1
9	Podocarpus sprucei	0,44	29,5	0,52	31,40	1		2	1
9	Podocarpus sprucei	0,41	37	0,68	37,90	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,46	38	0,57	38,30	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,45	30	0,70	30,20	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,45	37,9	0,65	38,50	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,55	26,6	0,58	27,00	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,42	23,1	0,55	23,50	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,54	30	0,64	30,60	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,41	21,7	0,45	22,50	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,4	22	0,46	22,50	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,44	20,4	0,53	21,00	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,4	22	0,45	22,40	1		3	1
9	Podocarpus sprucei	0,43	20	0,55	20,70	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,45	23,8	0,54	24,30	1		1	1
9	Podocarpus sprucei	0,43	27	0,72	27,70	1		2	1
9	Podocarpus sprucei	0,39	33,1	0,46	33,70	1		2	1

Anexo 2. Hoja de campo para la medición de las tres especies establecidas en el PUFVC.

HOJA DE CAMPO PARA LA MEDICIÓN DE PLÁNTULAS EN EL PUFVC (ENSAYO DE RESTAURACIÓN)

Fecha: _____

N° Hoja: _____

1. Sobrev.: 1 = Vivo; 0= Muerto 2. Estado fitosanitario: A= 0 % daño; B= 25%; C= 50%; D= 75%; E= > 75% 3. Daños mecánicos: 1= sin daño; 2= con daños visibles

Nota: El código de la especie corresponde a cada plántula con su número

N° parcela	Especie	Código Sp	Db (cm)	HT (cm)	Sobrev.	Estado Fitosanitario (%)	Daños mecánicos	Observaciones
1	1	Podocarpus	PS1_1					

Anexo 3. Los datos de las variables físicas y químicas del suelo en el ensayo I del PUFVC.

Categoría	Especies	Db (cm)	Ht (cm)	Pendiente°	Ao (%)	Lo (%)	Ac (%)	D.A (Gr/cm3)	pH	MO (%)	C (%)
SUB 1	PS1	0,10	5,47	12,5	49,54	39,64	8,64	0,74	4,25	34,56	18,22
SUB 2	LA2	0,10	5,32	11,0	49,54	39,64	8,64	0,74	4,25	34,56	18,22
SUB 3	HC3	0,17	4,41	16,0	49,54	39,64	8,64	0,82	4,25	34,56	18,22
SUB 4	LA4	0,18	7,52	11,5	47,54	47,64	8,64	0,79	4,0	31,69	16,71
SUB 5	PS 5	0,24	5,85	6,5	47,54	47,64	8,64	1,02	4,0	31,69	16,71
SUB 6	HC6	0,14	2,65	4,0	47,54	47,64	8,64	1,20	4,0	31,69	16,71
SUB 7	LA7	0,08	3,59	12,5	47,54	45,64	10,64	0,99	4,15	35,73	18,84
SUB 8	HC8	0,20	1,40	9,0	47,54	45,64	10,64	0,97	4,15	35,73	18,84
SUB 9	PS9	0,10	1,54	9,0	47,54	45,64	10,64	0,97	4,15	35,73	18,84

Anexo 4. Los datos de las variables físicas y químicas del suelo en el ensayo I del PUFVC.

Categoría	Especies	Db (cm)	Ht (cm)	Pendiente	Ao (%)	Lo (%)	Ac (%)	D.A (Gr/cm3)	pH	MO (%)	C (%)
SUB_1	PS1	0,08	2,21	14,5	48,54	39,82	9,28	1,07	4,3	32,18	16,97
SUB_2	LA2	0,07	2,83	11,5	48,54	39,82	9,28	1,00	4,3	32,18	16,97
SUB_3	HC3	0,13	1,18	10,5	48,54	39,82	9,28	1,05	4,3	32,18	16,97
SUB_4	LA4	0,13	2,69	6,5	41,54	47,82	9,28	1,03	4,05	27,66	14,58
SUB_5	PS 5	0,09	0,63	9,5	41,54	47,82	9,28	0,96	4,05	27,66	14,58
SUB_6	HC6	0,13	1,13	10	41,54	47,82	9,28	0,96	4,05	27,66	14,58
SUB_7	LA7	0,07	3,11	19	46,47	43,89	7,28	0,92	4,05	34,99	18,45
SUB_8	HC8	0,11	0,92	16	46,47	43,89	7,28	1,01	4,05	34,99	18,45
SUB_9	PS9	0,13	0,66	20,5	46,47	43,89	7,28	1,12	4,05	34,99	18,45

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN DEL RESUMEN (ABSTRACT)

Lic. Diana Alejandra González Salinas
Licenciada en ciencias de la Educación: Mención Inglés

CERTIFICO:

En mi calidad de licenciada de la Educación, mención Idioma Inglés, con capacidades que pueden ser probadas a través de la certificación de conocimiento del inglés, nivel B2 que ha realizado la traducción del resumen del trabajo de tesis denominado **Crecimiento inicial de tres especies forestales establecidas en un ensayo de restauración ecológica en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, cantón y provincia de Loja.**, de autoría de Ivett Carolina Pacheco Cueva con CI: 1150458386.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada, señorita estudiante: **Ivett Carolina Pacheco Cueva**, hacer uso legal del presente, según estime conveniente.

Loja, 20 de febrero del 2024



Lic. Diana Alejandra González Salinas
Licenciada en ciencias de la Educación: Mención Inglés
No registro Senescyt: 1008-2016-1754547
CI:1104219827

