UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

INSTALACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES BAJO DOS SISTEMAS (CUADRADA Y CIRCULAR) CON FINES DE RESTAURACIÓN EN EL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

GIANPOOL MAHLER GUILLEN CERVERA

Tingo María – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María- Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°115-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de mayo de 2025, a horas 11:00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

"INSTALACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES BAJO DOS SISTEMAS (CUADRADA Y CIRCULAR) CON FINES DE RESTAURACIÓN EN EL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA"

Presentado por el Bachiller: **GUILLEN CERVERA, GIANPOOL MAHLER** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **"MUY BUENA".**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 21 de octubre de 2025

Ing. MSc. RAUL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE

Ing. MSc. GUNTER DAZA PANDURO
MIEMBRO

Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA
MIEMBRO

Ing. MSc. BRAYAN ANDRE CALDAS DE LA CRUZ
ASESOR

Ing. MSc. JHONY FLORES MENDOZA
ASESOR

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 369 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería Forestal

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
INSTALACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES BAJO DOS SISTEMAS (CUADRADA Y CIRCULAR) CON FINES DE RESTAURACIÓN EN EL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA	GIANPOOL MAHLER GUILLEN CERVERA	08 % Ocho	Menor a 20 %

Tingo María, 17 de noviembre de 2025.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios Todopoderoso por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

A mis queridos padres MARIA VIOLETA y LORENZO, quienes han sido mi más grande apoyo y motivación. Su amor incondicional, sacrificios y consejos han sido fundamentales para alcanzar este logro. Gracias por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles, y por ser mi fuente constante de inspiración y fortaleza.

A mis hermanos ROSANA, JORGE, MONICA Y CARLOS, mi cuñado MOISES, por su compañía, confianza y palabras de aliento. Su apoyo ha sido esencial en este proceso, y su presencia me ha llenado de ánimo para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi formación profesional, personal y durante el desarrollo de esta investigación, muchas personas contribuyeron de manera directa e indirecta, por lo cual deseo manifestarles mi más sincero agradecimiento y profundo reconocimiento:

- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a los de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal (E.P.I.F.), quienes con dedicación compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a mi formación profesional.

- A mis asesores Ing. Mg. Sc. JHONY FLORES MENDOZA y al Ing. Mg. Sc. CALDAS DE LA CRUZ, BRAYAN ANDRÉ, quienes han sido guías y mentores a lo largo de este proceso. Su dedicación, conocimientos y valiosos consejos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación.

- A mi hermana MÓNICA GUILLEN y a mi cuñado MOISÉS ZABALETA, por su apoyo constante y generoso durante toda esta etapa de mi vida universitaria. Gracias por estar siempre presentes, brindándome su aliento, comprensión y consejos cuando más los necesité. Su apoyo no solo ha sido fundamental para mi desarrollo académico, sino también para mantenerme motivado y equilibrado en los momentos difíciles. Sin duda, su presencia en mi vida ha sido una gran fuente de fortaleza, y por ello les agradezco profundamente.

- A las personas cercanas a mí: LUZ LISBETH, LUIS ARHIAN, EFER, JHON FRANCIS, ARTIDORO, JHAMIL, por ofrecerme siempre su apoyo emocional incondicional, tanto en el desarrollo de este trabajo como en cada etapa de mi vida. Su respaldo constante ha sido una fuente de fortaleza que me ha impulsado a continuar.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA 3
2.1. Marco teórico 3
2.1.1. Grupos funcionales 3
2.1.2. Restauración 6
2.1.3. Formas de restauración 8
2.1.4. Restauración de áreas intervenidas 11
2.1.5. Técnicas de restauración 11
2.1.6. Ecosistema en restauración y restaurado 14
2.2. Estado del arte 15
2.2.1. A nivel internacional 15
2.2.2. A nivel nacional 18
III. MATERIALES Y MÉTODOS 20
3.1. Lugar de ejecución 20
3.1.1. Ubicación política 20
3.1.2. Ubicación geográfica 20
3.1.3. Clima 20
3.1.4. Fisiografía 21
3.2. Materiales y métodos 21
3.2.1. Materiales y equipos 21
3.2.2. Metodología 22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 27
4.1. Instalación de grupos funcionales de especies forestales con fines de restauración ecológica sobre un área perturbada en el BRUNAS 27
4.2. Determinación del porcentaje de sobrevivencia y mortandad de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales 29
4.3. Determinación y comparación del incremento de altura y diámetro de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales 32
4.3.1. *M. acaciifolium* (Benth.) Benth. 32
4.3.2. *O. aciphylla* (Ness & Mart.) Mez 33
4.3.3. *V. multinervia* Ducke 34

4.3.4. *G. americana* L. 35
4.3.5. *C. cateniformis* (Ducke) Ducke 36
4.3.6. *S. parahyba* (Vell.) SFBlake 37
4.3.7. *A. bilimbi* L. 39
4.3.8. *A. perutilis* Hemsl 40
4.3.9. *I. edulis* Mart. 41
V. CONCLUSIONES 44
VI. PROPUESTAS A FUTURO 45
VII. REFERENCIAS 46
ANEXOS 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Página

1. Características de un ecosistema en proceso de restauración y un restaurado. 15

2. Ubicación geográfica proyectada de la parcela de investigación. 20

3. Especies forestales utilizadas en la investigación. 21

4. Grupos funcionales instalados con fines de restauración en el BRUNAS. 27

5. Número de plantones por grupo funcional. 27

6. Porcentaje de sobrevivencia y mortandad en grupos funcionales de parcela cuadrada. 29

7. Porcentaje de sobrevivencia y mortandad en grupos funcionales de parcela circular. 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Página

1. Áreas por reforestar en el Perú y el mundo. 6

2. Ejemplo de restauración. 7

3. Formas de restauración. 9

4. Factores que influyen en el diseño de una iniciativa de restauración. 14

5. Grupo funcional en diseño de parcela cuadrada. 23

6. Grupo funcional en diseño de parcela circular. 23

7. Mapa simple de ubicación del área de estudio. 24

8. Quemadura en las hojas de *C. cateniformis*. 30

9. Altura mensual de *M. acaciifolium*, expresado en cm. 32

10. Diámetro mensual de *M. acaciifolium*, expresado en mm. 32

11. Altura mensual de *O. aciphylla*, expresado en cm. 33

12. Diámetro mensual de *O. aciphylla*, expresado en mm. 33

13. Altura mensual de *V. multinervia*, expresado en cm. 34

14. Diámetro mensual de *V. multinervia*, expresado en mm. 34

15. Altura mensual de *G. americana*, expresado en cm. 35

16. Diámetro mensual de *G. americana*, expresado en mm. 35

17. Altura mensual de *C. cateniformis*, expresado en cm. 36

18. Ataque de *A. cephalotes* en *C. cateniformis*. 36

19. Diámetro mensual de *C. cateniformis*, expresado en mm. 37

20. Altura mensual de *S. parahyba*, expresado en cm. 37

21. Diámetro mensual de *S. parahyba*, expresado en mm. 38

22. Ataque de patógeno en el tallo de *S. parahyba*. 38

23. Altura mensual de *A. bilimbi*, expresado en cm. 39

24. Ataque de insecto al *A. bilimbi*. 39

25. Diámetro mensual de *A. bilimbi*, expresado en mm. 40

26. Altura mensual de *A. perutilis*, expresado en cm. 40

27. Diámetro mensual de *A. perutilis*, expresado en mm. 41

28. Altura mensual de *I. edulis*, expresado en cm. 41

29. Diámetro mensual de *I. edulis*, expresado en mm. 42

30. Verificación de tesis. 55

31. Instalación de *C. cateniformis*. 55

32. Evaluación de diámetro de *C. cateniformis*. 56

33. Evaluación de altura de *G. americana* 56

RESUMEN

El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) cuenta con áreas perturbadas con presencia de pasto, el cual impide el desarrollo de las especies forestales, por ello esta investigación tuvo como objetivo instalar grupos funcionales de especies forestales con fines de restauración ecológica sobre un área perturbada en el BRUNAS, para ello se delimitó 1 ha en la parte de colina baja, y se instalaron 40 parcelas cuadradas de 8 x 8 m y 32 circulares de 4 m de radio y se consideraron nueve especies forestales, asimismo, se evaluó el porcentaje sobrevivencia y mortandad, incremento en altura y diámetro, como resultado se obtuvo que en ambos grupos funcionales *G. americana* fue la especie con mayor porcentaje de sobrevivencia (92,50% en la parcela cuadrada y 81,25% en la circular) y menor porcentaje de mortandad (7,50% en la parcela cuadrada y 18,75%); mientras que *C. cateniformis* presentó el menor porcentaje de sobrevivencia (23,08% en la parcela cuadrada y 40,63% en la circular) y mayo porcentaje de mortandad (76,92% en la parcela cuadrada y 59,37% en la circular); asimismo, en la parcela cuadrada la especie con mayor incremento en altura fue *I. edulis* con 22,15 cm y la especie con mayor incremento en diámetro fue *S. parahyba* con 3,24 mm; mientras que en la parcela circular *M. acaciifolium* presentó el mayor incremento de altura 24,19 cm y *S. parahyba* 2,35 mm el mayor incremento en diámetro.

Palabras clave: Plantación, ecosistema, vegetación, suelo.

The Installation of Functional Groups Using Two Systems (Square and Circular) with the Goal of Restoration in the Universidad Nacional Agraria de la Selva's Forest Reserve

Abstract

The Universidad Nacional Agraria de la Selva's forest reserve (BRUNAS – acronym in Spanish) has areas that have been disturbed by the presence of grass, which impedes the development of forest species, thus, the objective of this research was to install functional groups of forest species with the goal of the ecological restoration of a disturbed area within the BRUNAS. To do this, one acre was marked off on a part of a low hill, and forty square 8 x 8 m plots and thirty two circular plots with a 4 m radius, and nine forest species were considered; at the same time, the survival and death rates [along with the] increase in height and diameter were evaluated. For the results, it was obtained that in both functional groups, *G. americana* was the specie with the greatest survival rate (92.50% for the square plot and 81.25% for the circular plot) and the lowest death rate (7.50% for the square plot and 18.75%); meanwhile, *C. cateniformis* presented the lowest survival rate (23.08% for the square plot and 40.63% for the circular plot) and the greatest death rate (76.92% for the square plot and 59.37% for the circular plot); at the same time, for the square plot, the specie with the greatest increase in height was *I. edulis* with 22.15 cm and the specie with the greatest increase in diameter was *S. parahyba* with 3.24 mm; meanwhile, the for the circular plot, *M. acaciifolium* presented the greatest increase in height of 24.19 cm and *S. parahyba* had the greatest increase in diameter of 2.35 mm.

Keywords: plantation, ecosystem, vegetation, soil

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo señalado por SERFOR (2021), a escala mundial existen más de 2 mil millones de hectáreas de terreno que se encuentran degradado y deforestadas con potencial para ser restaurados. Es el caso de los flancos andinos conocidos como bosques de montañas, en la actualidad han perdido la riqueza de la que posee y los servicios ecosistémicos que brinda, por el desgaste y uso acelerado del suelo, la tala indiscriminada y la quema, provocando grandes cambios en el medio ambiente, reorganización de las comunidades y migración de especies.

SERFOR (2021) menciona que en el Perú existen 3,2 millones de hectáreas degradadas, las cuales van a ser recuperadas mediante la restauración ecológica, y de acuerdo con el portal de GEOBOSQUE (2023), en la región Huánuco se han perdido más de 366 813 ha de bosque y 3 339 ha solo en el distrito de Rupa Rupa, desde el año 2001 al 2021; estos niveles de perdida de cobertura forestal son originados principalmente por la agricultura migratoria, expansión urbana, minería ilegal, cultivos ilícitos, tal como sucede, en las regiones de la amazonia peruana como: Huánuco, Ucayali, San Martin, Madre de Dios y otros. El Bosques Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), no es ajeno a este problema, debido que de las 217,22 ha que poseía, se han deforestado cerca de 32,22 ha (Puerta y Cárdenas, 2012), esta problemática se aprecia principalmente en el perímetro colindante a la zona urbana (Asunción Saldaña), donde los pobladores retiran la cobertura vegetal para realizar sus actividades agrícolas, construir sus viviendas, acciones que han generado diversas alteraciones en el comportamiento de las diversas especies forestales y fauna silvestre. Otro de los principales problemas que genera la deforestación masiva del BRUNAS es la erosión del suelo, perdida de los servicios ecológicos y/o ecosistémicos, degradación de las especies forestales, migración de la fauna existente en la zona.

En la actualidad, existen diversas metodologías que permiten restaurar pastizales y bosques perturbados, y son mediante el uso de grupos funcionales, estos grupos son importantes para la recuperación de estos, por lo que son un conjunto de especies que poseen funciones y características similares en el ecosistema, el cual contribuirá a restablecer los bosques con integridad y sostenibilidad de manera eficiente, a diferencia de la restauración pasiva y/o natural.

En el BRUNAS son pocas las investigaciones en restauración ecológica activa con la instalación de especies forestales, por ello en la presente investigación se instalaron grupos funcionales de diseño cuadrado y circular con especies forestales: *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth., *Ocotea aciphylla* (Ness & Mart.) Mez, *Virola multinervia* Ducke, *Genipa americana* L., *Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke*, *Schizolobium parahyba* (Vell.) SFBlake, *Averrhoa bilimbi* L., *Aniba perutilis* Hemsl, *Inga edulis* Mart., y se planteó la siguiente interrogante ¿Los grupos funcionales se desarrollarán favorablemente en un área perturbada del BRUNAS?, y se plantea la siguiente hipótesis: los grupos funcionales se desarrollarán favorablemente y servirán para restaurar áreas degradadas; para las cuales se plantean los siguientes objetivos:

General

- Instalar grupos funcionales de especies forestales con fines de restauración ecológica sobre un área perturbada en el BRUNAS.

Específicos

- Determinar el porcentaje de sobrevivencia y mortandad de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales.

- Determinar y comparar el incremento de altura y diámetro de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Grupos funcionales

Sierraalta *et al*. (2021), manifiestan que los grupos funcionales son categorías de especies que poseen las mismas características funcionales, la sucesión ecológica, su forma de crecer o el tipo de simbiosis, además señala que, su identificación es útil para entender los distintos patrones vegetales en los bosques y su perturbación antropogénica. Los grupos funcionales, son utilizados para moldear cualquier efecto del cambio climático en ecosistemas forestales. Por su lado, Castellanos-Castro & Bonilla (2011), mencionan que la mayor parte de estudios está basada en la comunidad de plantas. Por lo tanto, este enfoque es utilizado para investigar los cambios de grupos funcionales en ambientes contrastantes y para analizar cualquier impacto en los diferentes factores en la comunidad vegetal, sumado a ello las respuestas a cualquier tipo de perturbación.

Por lo tanto, los grupos funcionales se refieren a conjuntos de especies que comparten características similares en cuanto a su función dentro de un ecosistema. Estas agrupaciones permiten entender cómo diferentes especies contribuyen a los procesos ecológicos y cómo su presencia o ausencia puede afectar la dinámica del ecosistema. La clasificación de los grupos funcionales puede basarse en diversos criterios, como el tipo de respuesta a perturbaciones, el rol en el ciclo de nutrientes o las estrategias de reproducción (Díaz y Cabido, 2001).

2.1.1.1. Importancia de los grupos funcionales

La diversidad funcional juega un papel clave en la restauración ecológica, ya que permite entender cómo las especies interactúan con su entorno y contribuyen a la estabilidad del ecosistema. Según Moore & Brodie (2023), *"la diversidad funcional combina diferentes tipos de procesos importantes en la estructura y estabilidad dinámica de una comunidad"*; esto significa que la restauración no solo debe enfocarse en la reintroducción de especies, sino también en la recuperación de los procesos ecológicos esenciales para la sostenibilidad del ecosistema.

Los efectos de la diversidad funcional en el funcionamiento de los ecosistemas están directamente relacionados con la abundancia, la composición, la distribución y las

características de las especies presentes en un área determinada (Martín-López *et al*., 2007). Estos factores pueden analizarse a través de los atributos funcionales, los cuales incluyen rasgos morfológicos y fisiológicos que determinan la capacidad de una especie para sobrevivir, crecer y reproducirse en su entorno (Violle *et al*., 2007; Duffy *et al*., 2007).

2.1.1.2. Criterios para la selección de especies funcionales

La elección adecuada de especies es crucial para el éxito de los proyectos de restauración. Se deben considerar factores como la adaptabilidad al sitio, la capacidad de competir con especies invasoras y la contribución a la estructura y función del ecosistema. La caracterización funcional de plantas es útil en este proceso, permitiendo identificar especies que aporten diversidad funcional y faciliten el avance sucesional (Cogollo *et al*., 2020).

a) **Adaptabilidad a las condiciones del sitio:** las especies seleccionadas deben ser capaces de establecerse y desarrollarse en las condiciones ambientales del área de restauración. En ecosistemas degradados con suelos pobres, es recomendable seleccionar especies fijadoras de nitrógeno, como las leguminosas, para mejorar la fertilidad del suelo (Lepš *et al*., 1982). Factores clave a evaluar incluyen:

- **Clima:** tolerancia a la temperatura, humedad y precipitación.
- **Suelo:** tipo, fertilidad, retención de agua y presencia de nutrientes.
- **Hidrología:** respuesta a niveles variables de agua y tolerancia a la sequía o encharcamiento.

b) **Rol funcional en el ecosistema:** las especies deben cumplir una función clave en la recuperación del ecosistema. En proyectos de restauración de bosques tropicales, se priorizan especies como *Schizolobium parahyba*, que tiene un crecimiento rápido y facilita la llegada de otras especies (Martín-López *et al*., 2007). Algunos roles funcionales importantes incluyen:

- **Especies pioneras:** de rápido crecimiento, mejoran la estructura del suelo y facilitan la sucesión ecológica.
- **Especies fijadoras de nitrógeno:** mejoran la fertilidad del suelo (ej. *Inga edulis*).
- **Especies con frutos y flores:** atraen polinizadores y dispersores de semillas, favoreciendo la biodiversidad.
- **Especies resistentes a la perturbación:** toleran incendios, sequías y suelos degradados.

c) **Diversidad funcional y complementariedad de especies:** la selección de especies debe garantizar una diversidad funcional suficiente para mantener la estabilidad ecológica. Se recomienda combinar especies con diferentes estrategias de crecimiento, reproducción y uso de recursos, asegurando una recuperación integral del ecosistema. En restauración forestal, se combinan árboles de copa alta con especies de sotobosque para aumentar la diversidad estructural y funcional (Violle *et al*., 2007).

d) **Capacidad de resiliencia y resistencia a factores de estrés:** es fundamental elegir especies que puedan tolerar condiciones adversas y favorecer la regeneración del ecosistema, considerando:

- Tolerancia a sequías y cambios climáticos.
- Resistencia a enfermedades y plagas.
- Capacidad de regeneración natural (reproducción sexual o vegetativa).

Especies como *Handroanthus chrysanthus* son resistentes a la sequía y pueden ayudar en la estabilización del suelo en zonas áridas (Duffy *et al*., 2007).

e) **Disponibilidad de propágulos y viabilidad de establecimiento:** para garantizar el éxito de la restauración, es necesario evaluar:

- Disponibilidad de semillas y plántulas en viveros locales.
- Facilidad de propagación (semillas vs. esquejes).
- Tasas de germinación y crecimiento.

Se recomienda utilizar especies con alto porcentaje de germinación y rápido establecimiento para evitar la competencia con especies invasoras (Lepš *et al*., 1982).

f) **Importancia socioeconómica y cultural:** incluir especies con valor ecológico y beneficios socioeconómicos ayuda a promover la aceptación y participación de las comunidades locales. Esto incluye especies que pueden:

- Proporcionar madera o frutos sin afectar la restauración.
- Ser utilizadas en sistemas agroforestales sostenibles.
- Tener valor medicinal o cultural.

En comunidades amazónicas, especies como *Bertholletia excelsa* (castaña) se han integrado en proyectos de restauración por su alto valor económico y ecológico (Lepš *et al*., 1982).

2.1.2. Restauración

SERFOR (2021), señala que la restauración es una gran oportunidad para reducir los índices de pobreza, evitar los efectos del cambio climático, conservar la biodiversidad, disminuyendo la deforestación, teniendo en consideración que estas prácticas se realizan en conjunto con la población y la comunidad en general. Este enfoque permite restituir la productividad de los terrenos degradados, reduciendo la presión que existen en nuestros bosques.

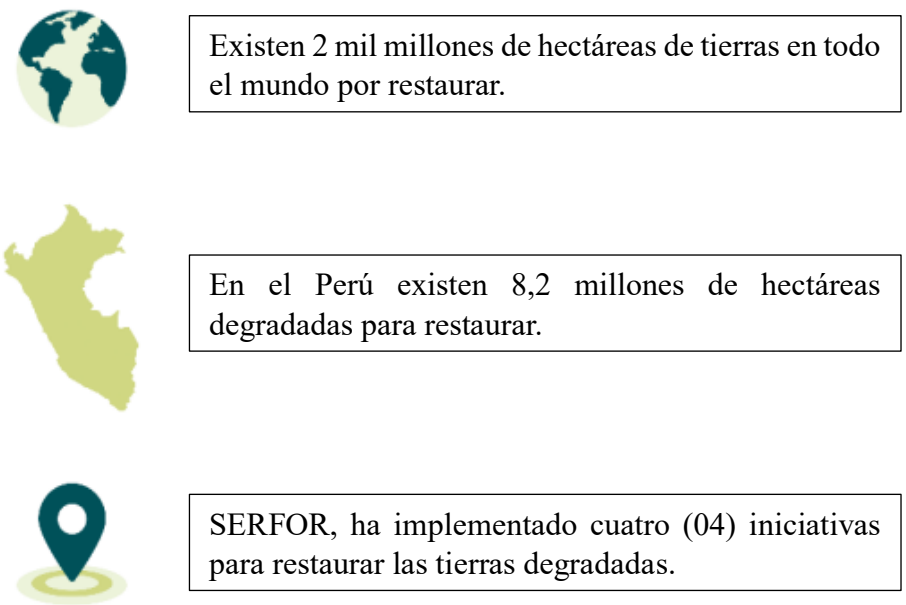

Figura 1. Áreas por reforestar en el Perú y el mundo.

2.1.2.1. Restauración ecológica

La restauración ecológica de acuerdo con SERFOR, es toda acción que permite restablecer un ecosistema que se ha destruido, dañado y/o degradado. Gann *et al*. (2019) indican que este proceso permite acelerar la recuperación de un ecosistema de manera sostenible.

Murcia & Guariguata (2014) afirma que la restauración ecológica como mecanismo de acción, es el proceso que busca acelerar y/o iniciar que un ecosistema destruido o degradado se recupere; por medio de la restauración se busca brindar estabilidad a un ecosistema.

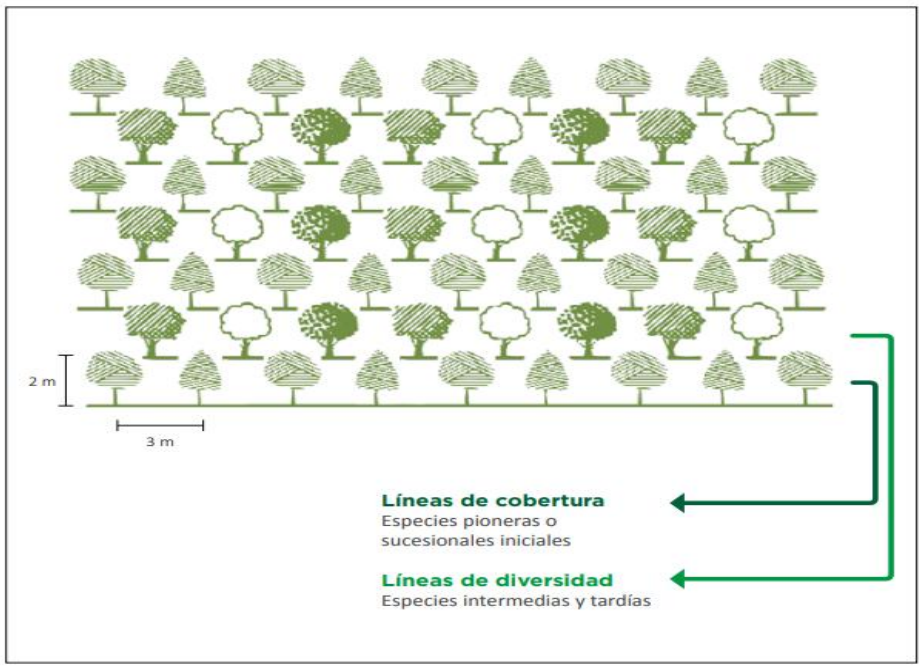

Figura 2. Ejemplo de restauración.

Fuente: SERFOR (2018).

SERFOR, señala que la restauración ecológica, es un proceso inducido por el hombre, con la finalidad de restablecer un ecosistema degradado, destruido o dañado. De acuerdo con Gann *et al*. (2019), la restauración ecológica es parte de un conjunto de actividades restaurativas que se encuentran en un continuo restaurativo, con significativas distinciones entre sí. Estas actividades están definidas directa o indirectamente como colaboradores de recuperación de los ecosistemas, el continuo restaurativo posee un enfoque integral que logra analizar la opción y el tratamiento más sostenible y apropiado.

Las actividades de restauración se relacionan entre sí y están divididos en impactos sociales reducidos, rehabilitación, remediación y restauración ecológica, en los proyectos a realizarse se pueden incorporar diversas actividades que sean consideradas aliadas a la restauración, estas actividades son acumulativas deben ser consideradas como un todo.

2.1.2.2. Sucesión ecológica

La sucesión ecológica es un proceso sinecológico de eventos graduales y recurrentes donde la comunidad sigue una trayectoria predecible que alcanza su punto culminante en el clímax o estadio de vegetación madura, con una tendencia a llegar al equilibrio en las comunidades. Su teoría, también conocida como la “hipótesis de monoclímax”, plantea que la

sucesión empieza con la llegada de las especies pioneras que modifican las condiciones tanto abióticas como bióticas que facilitan el establecimiento posterior de nuevas especies, y así sucesivamente, hasta alcanzar el clímax de la comunidad, determinado por las condiciones climáticas predominantes (Clements, 1916).

Para Pickett *et al*. (1987) la sucesión ecológica es el proceso natural mediante el cual las comunidades biológicas cambian en su composición, estructura y función a lo largo del tiempo, especialmente después de una perturbación. Este proceso es acumulativo y direccional, con la progresiva sustitución de especies en un ecosistema hasta alcanzar una comunidad más estable y resiliente (Odum, 1969). La sucesión ecológica es clave en la restauración ambiental, ya que permite entender los mecanismos de recuperación natural y la dinámica de colonización de especies en ecosistemas degradados.

Existen dos tipos principales de sucesión:

a) **Sucesión primaria:** Se da en áreas previamente desprovistas de vida, como terrenos volcánicos recientes o superficies glaciares expuestas (Connell & Slatyer, 1977).

b) **Sucesión secundaria:** Se presenta en áreas donde existió un ecosistema previo que fue alterado por disturbios como incendios, tala o agricultura (Pickett *et al*., 1987).

2.1.3. Formas de restauración

De acuerdo con SERFOR (2021), existen dos formas de restauración.

a) **Restauración ecológica pasiva:** este tipo de restauración los ecosistemas se recuperan por sí mismos y cuando la causa de la degradación es controlada, los procesos de recolonización y la dispersión natural ganan terreno de forma lenta. La restauración pasiva, es conocida también como restauración natural, muchas veces también requiere de intervenciones para mantener lejos a los animales herbívoros.

b) **Restauración ecológica activa:** se le conoce como restauración activa o asistida, debido que interviene la mano del hombre para recuperar los ecosistemas que se encuentran degradados o destruidos, perdiendo cualquier tipo de mecanismo de restauración.

Figura 3. Formas de restauración.

Fuente: SERFOR (2021).

2.1.3.1. Ecosistema de referencia

De acuerdo con Julián (2020), el ecosistema de referencia es fundamental en todo problema de restauración ecológica, debido que, en un proyecto se planifica y se evalúa el porcentaje y/o grado del éxito del proyecto. Típicamente, lo antes mencionado representa los puntos de desarrollo ubicados en la trayectoria ecológica del área a restaurar. Es decir, se espera que las áreas restauradas emulen ciertos atributos de la referencia, lo cual puede ser uno o varios sitios que tengan el ecosistema modelo.

Según Society for Ecological Restoration ([SER], 2004) un ecosistema de referencia sirve como base para planificar un proyecto de restauración ecológica y, posteriormente, para evaluar su éxito. Este ecosistema modelo ayuda a definir los objetivos específicos del proyecto y a establecer criterios de monitoreo y evaluación.

Clewell y Aronson (2012), lo definen como un modelo esencial en la restauración ecológica, ya que representa las condiciones estructurales, funcionales y de composición que se buscan recuperar en un sitio degradado. Puede basarse en un ecosistema natural remanente, una reconstrucción histórica o una alternativa funcionalmente equivalente (SER, 2004). Su

selección depende de factores como similitud ambiental, disponibilidad de datos y viabilidad a largo plazo (Hobbs y Harris, 2001). Aunque enfrenta limitaciones por cambios irreversibles o falta de ecosistemas intactos, sigue siendo clave para definir objetivos, orientar estrategias y evaluar el éxito de la restauración (Choi, 2007; Hobbs *et al*., 2009).

2.1.3.2. Áreas de restauración

Julián (2020), señala que las áreas de restauración son las áreas que se encuentran en un proceso de degradación ambiental, donde es importante implementar ciertas acciones que permitan restablecer y rehabilitar las condiciones naturales del ecosistema. Este proceso puede estar destinada a recuperar tierras que han dejado de ser fértiles por el estado de deterioro en el que se encuentran. La restauración ecológica de acuerdo con SERFOR, es toda acción que permite restablecer un ecosistema que se ha destruido, dañado y/o degradado (Gann *et al*., 2019). Este proceso permite acelerar la recuperación de un ecosistema de manera sostenible.

Las áreas de restauración son zonas que han sufrido degradación ambiental y requieren intervenciones para recuperar sus condiciones naturales y funcionalidad ecológica. Estas áreas pueden incluir tierras que han perdido su fertilidad debido a diversas actividades humanas o fenómenos naturales. La restauración ecológica en estos contextos implica la implementación de acciones dirigidas a rehabilitar y restablecer los procesos ecológicos esenciales, promoviendo la recuperación de la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos. Las estrategias pueden variar desde la restauración pasiva, que se basa en la eliminación de factores de perturbación para permitir la regeneración natural del ecosistema, hasta la restauración activa, que incluye intervenciones directas como la reforestación, la reconstrucción de hábitats y la remediación de suelos contaminados. La selección de la estrategia adecuada depende del grado de degradación y de las características específicas del área afectada. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2025).

2.1.3.3. Capacidad adaptativa

Para Delgado *et al*. (2016), es la contingencia que adoptan los grupos para asumir, atender y recuperarse frente a los niveles de cambios en sus situaciones habituales, producto de alguna catástrofe. Para ello es importante la gobernabilidad, planes de orientación, emergencia, transferencia, ahorro y manejo ambiental del terreno. Asimismo, mencionan que la capacidad adaptativa es la resiliencia o habilidad para acoplarse y/o adaptarse a los cambios ambientales, aprovechando las oportunidades existentes en la naturaleza para enfrentarse al impacto y reducir

daños, es decir es aquella capacidad para manejar los impactos y/o riesgos ante las situaciones desfavorables. Las medidas adoptadas para hacerle frente a los efectos de la deforestación, es considerada una capacidad social más que ecológica.

Por su parte Espinoza Salas (2022), describe a la capacidad adaptativa como la resiliencia o habilidad para adaptarse a cambios ambientales, aprovechando las oportunidades que ofrece la naturaleza para enfrentar impactos y minimizar daños.

2.1.4. Restauración de áreas intervenidas

Méndez-Toribio *et al.* (2018), señalan que estudiar la diversidad funcional es un gran potencial acerca de las características particulares de las especies participantes de la regeneración natural, para posterior a ello seleccionar al mejor candidato para ser puesto y/o introducido en las áreas perturbadas. asimismo, señalan que realizar prácticas silviculturas, es el agente de perturbación que afecta la sostenibilidad y sustentabilidad de bosques por la mala implementación, por lo tanto, el realizar estas prácticas deteriora y/o modifica la composición del bosque, el mismo que se ve reflejado en las distintas variables abióticas, bióticas, regeneración natural y su composición. Las variables que influyen en el establecimiento y crecimiento de las distintas especies son, la humedad del suelo y la disponibilidad de la luz, pero también debemos de mencionar que, la intervención silvicultural influye sobre las variables mencionadas gracias a los cambios de cobertura del dosel.

2.1.5. Técnicas de restauración

2.1.5.1. Restauración activa

Vargas (2007) señala que la restauración pasiva se refiere a la intervención cuando un ecosistema está gravemente degradado o su recuperación natural es muy lenta, por lo que se requiere de un impulso para ayudar al ecosistema a superar los daños. Además, establece 13 pasos fundamentales para alcanzar los objetivos de un proyecto de restauración ecológica, los cuales son: 1) Establecer el ecosistema de referencia; 2) Evaluar el estado actual del área; 3) Definir las diferentes escalas; 4) Asegurar la participación de la comunidad; 5) Evaluar la regeneración; 6) Identificar los factores tensores; 7) Seleccionar las especies; 8) Propagar y sembrar las especies; 9) Gestionar el manejo de las especies; 10) Seleccionar los sitios de siembra; 11) Diseñar medidas para evitar factores que impidan el establecimiento de la restauración; 12) Monitorear el proceso de restauración; y 13) Consolidar los logros alcanzados. Estos pasos reducen la incertidumbre y aumentan la efectividad de la restauración.

Según Ospina *et al*. (2015) y Sanchún *et al*. (2016) en su *Plan Nacional de Restauración*, la restauración activa se relaciona con tres enfoques: recuperación, rehabilitación y restauración. La recuperación tiene como objetivo restablecer la funcionalidad del ecosistema sin depender de ecosistemas de referencia, buscando aumentar su productividad. En este proceso, pueden emplearse especies no nativas, especialmente en monocultivos o en combinaciones con pocas especies. La rehabilitación se centra en recuperar la productividad del ecosistema, y en ella se utilizan algunas especies no autóctonas que benefician a la comunidad local. Finalmente, la restauración busca restablecer la estructura, la productividad y la diversidad de especies presentes en el bosque original.

a) **Reforestación y revegetación:** consiste en la plantación de especies vegetales nativas en áreas degradadas para restablecer la cobertura vegetal y favorecer la recuperación del ecosistema. Puede incluir la siembra directa de semillas o la plantación de plántulas cultivadas en vivero (Holl y Aide, 2011).

b) **Nucleación:** es una técnica de restauración activa que busca facilitar la regeneración natural de un ecosistema. Este enfoque implica la creación de "islas" o áreas nucleares donde se concentran esfuerzos de restauración, tales como plantación de especies nativas, control de especies invasoras, o la mejora de las condiciones del suelo. Estas áreas actúan como puntos de partida para la expansión natural de la vegetación y otros procesos ecológicos (Chazdon *et al*., 2021).

c) **Grupos funcionales:** en restauración ecológica, el concepto de grupos funcionales se refiere a la clasificación de las especies de acuerdo con su función ecológica dentro del ecosistema. Los grupos funcionales pueden incluir, por ejemplo, especies fijadoras de nitrógeno, especies que aportan materia orgánica al suelo, polinizadores o dispersores de semillas. Incorporar o restaurar estos grupos funcionales ayuda a restaurar no solo la biodiversidad, sino también las funciones y procesos ecológicos esenciales para la estabilidad y resiliencia del ecosistema (Chazdon *et al*., 2021).

d) **Restauración de procesos ecológicos:** este enfoque se centra en restaurar los procesos ecológicos como la polinización, dispersión de semillas, predación, ciclos de nutrientes y la dinámica natural del fuego; asimismo, el objetivo es mejorar las funciones ecológicas para que el ecosistema sea autosuficiente y resiliente (Kaufmann, 1994).

e) **Rehabilitación de la estructura del paisaje:** implica la restauración de grandes áreas del paisaje, conectando fragmentos de hábitats para reparar la conectividad ecológica, mediante la creación de corredores biológicos; con el objetivo de facilitar la migración de especies y mejorar la resiliencia ecológica (Clewell y Aronson, 2012).

f) **Descompactación del suelo:** es una técnica utilizada para mejorar la aireación, infiltración y retención del agua y la penetración de las raíces en suelos compactados, especialmente en áreas agrícolas o de pastoreo (Clewell y Aronson, 2012).

g) **Reintroducción de fauna:** consiste en la reintroducción de especies de animales que han desaparecido del ecosistema debido a la actividad humana o factores naturales, con el fin de restablecer las interacciones ecológicas perdidas (Kaufmann, 1994).

g) **Plantación de especies nativas:** consiste en sembrar o plantar especies nativas en áreas donde la vegetación ha sido destruida o alterada, con el objetivo de restaurar la cobertura vegetal original del ecosistema (Kaufmann, 1994).

2.1.5.2. Restauración pasiva

La restauración pasiva se entiende como el proceso en el cual un ecosistema retorna de manera natural a un estado deseado, mediante la eliminación de los factores que causan su degradación (Cielo-Filho & Souza, 2016; Ospina *et al*., 2015). Mientras que Vargas (2007) define a la restauración pasiva como la sucesión natural de aquella vegetación que se establece por sí sola en un determinado tiempo.

a) **Exclusión de perturbaciones humanas:** consiste en eliminar o reducir las actividades humanas que causan la degradación del ecosistema, como la agricultura, la ganadería, la explotación maderera, turismo, para permitir que los procesos ecológicos se restablezcan por sí solos (Hobbs & Harris, 2001).

b) **Uso de reservas de semillas y banco de genes:** Se pueden utilizar bancos de semillas o reservas naturales de flora nativa, para permitir que las especies se dispersen de manera natural sin intervención directa. Las semillas y plantas nativas pueden ayudar a acelerar la sucesión ecológica (Hobbs & Harris, 2001).

Por su lado Hobbs & Harris (2001) y Chazdon *et al*. (2021), refieren que la restauración activa es más costosa que la pasiva, además, mencionan que los mejores resultados se observan en la restauración activa, ya que la pasiva es menos costosa pero la restauración es muy lenta.

El SERFOR (2018), menciona que los objetivos principales de los lineamientos de restauración son: ***a)*** Establecer principios y criterios para el desarrollo de planes, programas, proyectos o actividades de restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre; ***b)*** Contribuir a la adecuada planificación, implementación y monitoreo de planes, programas, proyectos o actividades de restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre, asimismo, en la **Figura 1** indica los factores que influyen en la restauración.

Figura 4. Factores que influyen en el diseño de una iniciativa de restauración.

Fuente: SERFOR (2018).

2.1.6. Ecosistema en restauración y restaurado

Stanturf *et al.* (2017) refieren que existen diferencias muy significativas entre ambos ecosistemas, asimismo, detallan las principales características en la **Tabla 1**:

Tabla 1. Características de un ecosistema en proceso de restauración y un restaurado.

Características	Ecosistema en proceso de restauración	Ecosistema restaurado
Cobertura vegetal	Parcial y en desarrollo	Completa y diversificada
Ciclos de nutrientes	En proceso	Totalmente funcionales
Diversidad biológica	Baja y dominada por pioneras	Alta, con especies clave
Intervención humana	Necesaria	Mínima o nula
Estabilidad ecológica	Vulnerable	Resiliente y estable

Fuente: Stanturf *et al.* (2017).

2.2. Estado del arte

2.2.1. A nivel internacional

Loayza Armijos (2024) evaluó la siembra directa como estrategia de restauración ecológica en los páramos del sur de Ecuador, utilizando *Diplostephium ericoides* y *Chuquiraga jussieui* (Asteraceae). Estableció parcelas experimentales con cuatro tratamientos de siembra en tres tipos de cobertura vegetal, registrando la emergencia de plántulas durante 10 semanas y analizando los datos con la prueba '*Survival Analysis*'. Para *D. ericoides*, la mayor emergencia (80%) ocurrió en pasto manejado con malla y sombra, mientras que para *C. jussieui* se registró un 40% en pajonal herbáceo sin malla ni sombra. Los resultados sugirieron que la siembra directa podría ser una técnica viable para la restauración de páramos degradados, aunque se recomienda un monitoreo a largo plazo para validar su efectividad.

Martínez Calderón (2023) en su investigación realizado en los bosques templados de México que han sufrido un deterioro constante por disturbios antropogénicos, lo que hizo necesario la restauración ecológica para recuperar su biodiversidad y funciones. Tuvo como objetivo generar información para restaurar ecosistemas perturbados. Analizó distintos aspectos de propagación y reforestación en cinco capítulos: en el segundo, evaluó el almacenamiento de semillas de *Arbutus xalapensis*, encontrando que pierden viabilidad con el tiempo y que los tratamientos pre-germinativos no logran reactivarlas; en el tercero, se incrementó la germinación de *Arctostaphylos pungens* del 0 % al 70 % mediante escarificación con ácido sulfúrico y logró enraizar por acodos aéreos; en el cuarto, experimentó con la reforestación de *Quercus eduardii* y *Quercus potosina* mediante semillas y plántulas protegidas con nodrizas y jaulas, observando una mortalidad del 100 % debido principalmente a la falta de lluvias y en menor medida a la depredación. Finalmente, concluyó que es fundamental seguir investigando

sobre propagación de especies nativas y probar diferentes métodos de reforestación para aumentar la supervivencia y contribuir a la recuperación de los bosques templados del Área Natural Protegida Sierra Fría en Aguascalientes.

Bacca y Burbano (2018), realizaron una investigación evaluando la metodología de restauración, con el propósito de identificar los tipos de especies nativas más importantes para el proceso. Tomaron como muestra los bosques de la zona altoandina, áreas agrícolas y áreas de uso pecuario, para ello seleccionaron especies nativas de un tamaño de 20 y 50 cm para sembrarlas. Como resultados obtuvieron que las especies *Anthurium andreanum linden* y *Sanseviera trifasciata Prain*, son eficientes para la restauración, por lo que se evidenciaron que su crecimiento es notable para lograr el objetivo, llegando a la conclusión que la menor tasa de crecimiento se da en el área de uso agrícola, por lo que en esa área la restauración debe utilizar procedimientos más severos.

González (2018) realizó un estudio en la Reserva Provincial Auca Mahuida (Argentina), evaluó la reintroducción de *Senna arnottiana* y *Stipa speciosa var. speciosa* en canteras abandonadas como parte de proyectos de rehabilitación ecológica. Implementó cuatro tratamientos con diferentes combinaciones de hidrogel y asociación entre especies, analizando la supervivencia y crecimiento de *S. arnottiana* al año de plantación. Los resultados indicaron una alta supervivencia promedio del 84,75 %, sin diferencias significativas entre tratamientos, mientras que el crecimiento mostró variabilidad. Concluyó que *S. arnottiana* es apta como especie facilitadora de la sucesión natural en ambientes áridos degradados.

Díaz-Páez y Polanía (2017) llevaron a cabo un experimento de restauración ecológica en una zona degradada por ganadería en San Félix (Bello, Antioquia), utilizando la técnica de nucleación con especies nativas. Establecieron estacas y plántulas de diversas especies por su disponibilidad e importancia ecológica, pero tras 13 semanas la mortalidad de las estacas fue total y la de las plántulas alcanzó el 50%. Para mejorar la adaptación, en una segunda fase se rescataron plántulas de 1 m de altura y aclimataron en vivero durante tres meses, además de aplicaron cristales de *Aloe vera* a nuevas estacas para favorecer su enraizamiento. Como resultado, el 95 % de las plántulas establecidas correspondieron a especies como *Billia rosea*, *Bocconia frutescens, Fuchsia* sp., *Hedyosmum* sp., *Inga* sp., entre otras, mientras que las estacas supervivientes (33%) fueron de *Brugmansia arborea*, *Brunellia sp*. y *Saurauia sp*. Concluyeron que las plántulas rescatadas presentan alto potencial de establecimiento y pueden ser clave en procesos de restauración ecológica.

Torres *et al.* (2015) evaluaron la reforestación en áreas afectadas por incendios en las Sierras de Córdoba, Argentina; compararon el desempeño de *Acacia caven* y *Lithraea molleoides* en sitios quemados y no quemados. Dos años después de la plantación, la supervivencia osciló entre 24 % y 92 %, sin diferencias significativas entre condiciones de fuego ni entre especies, pero sí entre sitios de plantación (P<0.001). El crecimiento fue variable: *L. molleoides* tuvo un incremento promedio de 11.4±1.4 cm, mientras que *A. caven* decreció de -2.3±2.0 cm, con diferencias significativas entre sitios (P<0.001). Rechazaron la hipótesis de que *A. caven* tolera mejor las condiciones post-fuego y concluyeron que es más recomendable reforestar con la especie dominante en bosques poco disturbados.

Camargo Roa (2014) realizó una investigación en el bosque seco tropical que es uno de los ecosistemas más amenazados en Colombia, por lo que su restauración requiere un conocimiento detallado sobre la sucesión ecológica y el comportamiento de las especies. En una extensión de 200 ha, evaluó 68 especies mediante el análisis de seis rasgos funcionales de hoja y tallo, identificando cuatro grupos funcionales: (1) arbustos pioneros, dominados por Fabaceae–Mimosoide, adecuados para zonas erosionadas; (2) árboles pioneros, con predominio de Myrtaceae, para áreas moderadamente intervenidas; (3) árboles con características intermedias, y (4) especies de sucesión avanzada, representadas por *Phitecellobium dulce*, *Platymiscium hebestachyum* y *Senegalia affinis*, recomendadas para el enriquecimiento de sucesiones más desarrolladas. Estos hallazgos resaltaron la importancia de comprender la biología reproductiva y la silvicultura de cada grupo funcional para diseñar estrategias de restauración efectivas en el bosque seco tropical del valle interandino del Magdalena.

Rojas Zamora (2013) realizó un estudio en áreas potrerizadas del Parque Nacional Natural Chingaza en Colombia y evaluó la reubicación de *Espeletia grandiflora* (Asteraceae) y macollas de pajonal en áreas de páramo degradado cubiertas por pastizales exóticos, como estrategia de enriquecimiento con especies nativas. Analizó la supervivencia y desarrollo de *E. grandiflora* en tres tamaños iniciales (5, 10 y 15 cm) y de macollas provenientes de seis zonas distintas. Luego de dos años, los individuos de *E. grandiflora* de mayor tamaño mostraron la mayor supervivencia (85%), mientras que todas las macollas reubicadas sobrevivieron y aumentaron en altura, cobertura y volumen. Identificó el diámetro del tallo como predictor clave de supervivencia en *E. grandiflora*, recomendando su uso en futuras reubicaciones.

2.2.2. A nivel nacional

Paredes Cubas (2024) realizó un estudio en los Bosques Estacionalmente Secos (BES) del valle del Marañón, norte de Perú, abordó la fragmentación y degradación de estos ecosistemas mediante la caracterización de rasgos funcionales de especies leñosas con fines de restauración ecológica. Identificó las diez especies más abundantes en cinco parcelas permanentes y evaluó trece rasgos funcionales, luego lo clasificó en dos grupos funcionales: el grupo 1, con especies conservadoras de bajos valores de área foliar, adecuadas para la sucesión secundaria, y el grupo 2, conformado por cactáceas resistentes a la herbivoría. Determinó que *Aspidosperma polyneuron, Cordia iguaguana, Cynophalla flexuosa, Esenbeckia cornuta, Guapira sp., Zanthoxylum rigidum, Browningia altissima* y *Espostoa blossfeldiorum* presentan potencial para la restauración ecológica.

Garcia Bravo (2023) evaluó el comportamiento de especies forestales nativas reintroducidas en un bosque secundario del caserío San Juan, San Martín. Analizó una parcela de 1,0 ha con 20 meses de establecimiento, ubicada en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul. Utilizó técnicas de grupos funcionales para evaluar *Symphonia globulifera, Guazuma ulmifolia, Clarisia racemosa, Calophyllum brasiliense, Aniba puchuryminor, Pourouma cecropiifolia, Trattinnickia aspera, Pouteria guianensis, Hevea brasiliensis, Jacaranda copaia y Tachigali versicolor*, midiendo variables como índice de esbeltez, espacio vital, copa y tasas de crecimiento cada cuatro meses durante un año. *Clarisia racemosa* destacó en espacio vital y manto de copa, mientras que *Hevea brasiliensis* mostró el mejor desempeño en la mayoría de las variables, sin registrar mortalidad en varias especies. Concluyó que la mayoría de las especies evaluadas presentan un comportamiento inicial favorable para su uso en restauración ecológica.

Faichín Ramírez y Mosqueira Mendoza (2021) en su investigación tuvieron como objetivo proponer un método de restauración ecológica para el cañón de Sangal, Cajamarca, como alternativa para recuperar el ecosistema tras el incendio forestal de 2018, que afectó 155,67 ha de pastizales, relictos de arbustos y árboles, así como actividades de aviturismo y ecoturismo. Aplicaron una metodología descriptiva basada en estudios previos, considerando las características ecológicas y la disponibilidad de recursos. Identificaron que la efectividad de un método de restauración aumenta cuando se emplea flora nativa, se controlan actividades extractivas y se realiza un monitoreo continuo, siguiendo un proceso estructurado que incluye diagnóstico, evaluación del daño y análisis del potencial de regeneración. La elaboración de

mapas temáticos permitió ubicar el área afectada, la capacidad de uso del suelo, riesgos y vulnerabilidades. La propuesta metodológica contempla el diagnóstico inicial, la participación de actores clave, el monitoreo de cada etapa con indicadores específicos y la evaluación final de sostenibilidad ecológica.

Trinidad Sumaran (2020) realizó una investigación en un predio del caserío San Juan, región San Martín, evaluó el comportamiento de diez especies forestales en grupos funcionales para la restauración ecológica en un cafetal abandonado. Midió características morfométricas a los seis y doce meses mediante análisis de varianza y comparación de medias de Duncan. *Hevea guianensis, Clarisia racemosa, Calophyllum brasiliense* y *Nectandra amplifolia* mostraron los mayores valores en altura total (promedio de 2.5 m), diámetro del tallo (2.1 cm), ancho de copa (1.8 m) y grado de cobertura (75 %), sin diferencias estadísticas significativas entre grupos. *Cordia alliodora* presentó la mayor tasa de mortalidad (40 %). Concluyó que las especies con mejor desempeño tienen potencial para la restauración ecológica.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en un área de pastizal de 1,02 ha ubicado en el BRUNAS, y esta se ubicada a 1,5 km de la ciudad de Tingo María en la margen izquierda de la carretera central hacia Huánuco.

3.1.1. Ubicación política

- País : Perú
- Región : Huánuco
- Provincia : Leoncio Prado
- Distrito : Rupa Rupa

3.1.2. Ubicación geográfica

Tabla 2. Ubicación geográfica proyectada de la parcela de investigación.

Vértice	Coordenada UTM		Zona	Datum
	Este	Norte		
V1	390524	8971081	18 S	WGS 84
V2	390599	8971004	18 S	WGS 84
V3	390531	8970938	18 S	WGS 84
V4	390456	8971014	18 S	WGS 84

El área de estudio estuvo cubierta por 70% de *Brachiaria Mestizo* (pasto tropical) y 30% de cobertura vegetal siendo la especie más predominante *Bellucia pentamera* Naudin (manzanita tropical), asimismo, no se evidenciaron estudios anteriores en restauración.

3.1.3. Clima

Tingo María se caracteriza por ser una ciudad lluviosa llegando a registrar en promedio 2 775,2 mm de precipitación anual, por otro lado, las lluvias intensas se registran de setiembre a abril llegando en promedio a 483,6 mm de precipitación mensual, asimismo, registra en promedio 81,72% de humedad relativa y 25,5 °C de temperatura media anual (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2025).

3.1.4. Fisiografía

Puerta (2007) menciona que el BRUNAS tiene una altitud desde los 650 hasta los 1 120 m.s.n.m., y presenta pendientes mayores a 25%; además, según la clasificación de Holdridge (1987), Tingo María pertenece a la zona de vida: bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh - PT). Por otro lado, aseguramos el área en estudio correspondió a colina baja.

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

3.2.1.1. Material genético

Regeneración natural especies forestales cuyos detalles se muestran en la **Tabla 3.**

Tabla 3. Especies forestales utilizadas en la investigación.

N.V.	Especie	Familia	N° P
Pashaco	*Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth.	Fabaceae	72
Alcanfor moena	*Ocotea aciphylla* (Ness & Mart.) Mez	Lauraceae	72
Cumala	*Virola multinervia* Ducke	Myristicaceae	72
Huito	*Genipa americana* L.	Rubiaceae	72
Tornillo	*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke	Fabaceae	72
Pino chuncho	*Schizolobium parahyba* (Vell.) SFBlake	Fabaceae	72
Limón chino	*Averrhoa bilimbi* L.	Oxalidaceae	72
Moena amarillo	*Aniba perutilis* Hemsl	Lauraceae	72
Guaba	*Inga edulis* Mart.	Fabaceae	72

N.V: nombre vulgar; N°P: número de plantones

Los plantones de estas nueve especies forestales que se muestran en la **Tabla 3**, fueron recolectados directamente de la regeneración natural que posee el BRUNAS, debido a su gran abundancia, posteriormente fueron acondicionados en el vivero forestal de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables; asimismo, la recolección se realizó entre los meses de noviembre y diciembre de 2023.

Los equipos, materiales y herramientas de campo que se utilizaron fueron: GPS Garmin Map 62s para georreferenciar los cuatro vértices de la parcela, pilas Duracell AA, brújula Suunto para medir el azimut de los vértices de la parcela, wincha de 50 m para delimitar la parcela y las subparcelas, jalones de bambú para colocar en cada punto de plantación, jabas de madera para trasladar los plantones, poceadora para realizar los hoyos en los puntos de plantación, flexómetro de 3 m para medir la altura de los plantones, vernier mecánico para

medir el diámetro de los plantones, formato de evaluación, plumón indeleble para codificar las subparcelas y una cámara fotográfica Nikon para el panel fotográfico. Asimismo, entre los equipos de gabinete se utilizó una laptop Lenovo Ideapad Slim para procesamiento y análisis de los datos de campo, elaboración del mapa de dispersión y para redactar el informe de tesis.

3.2.2. Metodología

Con base en Hernández-Sampieri & Mendoza (2020) esta investigación correspondió al tipo de investigación aplicada de nivel descriptivo, porque se observó y describió el fenómeno de investigación como tal. Asimismo, el diseño de investigación correspondió al diseño no experimental, ya que no se manipularon las variables, solo se observó su comportamiento en su estado natural para luego hacer inferencias generales (Cohen y Gómez, 2019).

Además, para esta investigación se tomaron como base los lineamientos para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre propuestos por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre en el 2018.

3.2.2.1. Instalación de grupos funcionales de especies forestales con fines de restauración ecológica sobre un área perturbada en el BRUNAS

En primer lugar se realizó un recorrido de reconocimiento del área a restaurar en compañía de los asesores, en las cuales se observó que el área era irregular y que además, presentaba un 70% de *Brachiaria Mestizo* (pasto tropical) y 30% de cobertura vegetal siendo la especie más predominante *Bellucia pentamera* Naudin (manzanita tropical) como se muestra en la **Figura**, seguidamente se procedió a georreferenciar los vértices y se delimitó con jalones de madera el área de trabajo el cual fue 1 ha.

En esta investigación se utilizaron dos diseños para instalar los grupos funcionales siendo el primero en parcelas cuadradas de 8 x 8 m en las cuales se consideró colocar una planta a cada 4 m en el perímetro y una al centro, el segundo diseño fue en parcelas circulares de 4 m de radio conocidas también como núcleos y también se consideró colocar ocho plantones a 4 m desde el centro en el sentido (Norte, Sur, Este, Oeste, 45° Noreste, Noroeste, Sureste, Suroeste) y uno en el mismo centro, para ambos caso en total se consideraron nueve plantones distribuidas en el mismo orden como se muestra en la **Figura 5** y **6**; asimismo, para ambos diseños se consideró 2 m entre filas y calles obteniendo las parcelas fueron delimitadas con estacas de bambú, además, se colocó una estaca en cada punto de plantación y posteriormente fueron codificadas como se muestra en el mapa del **Anexo C**.

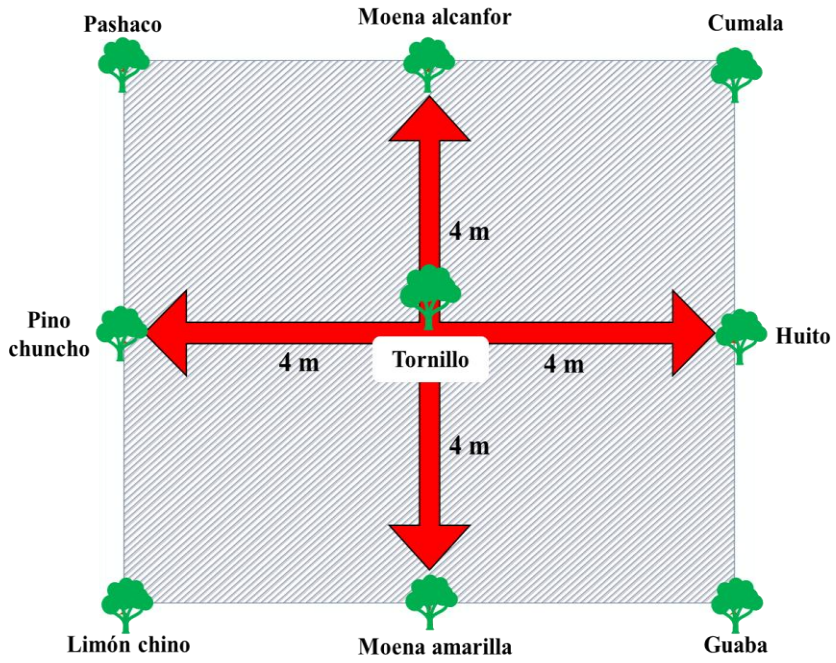

Figura 5. Grupo funcional en diseño de parcela cuadrada.

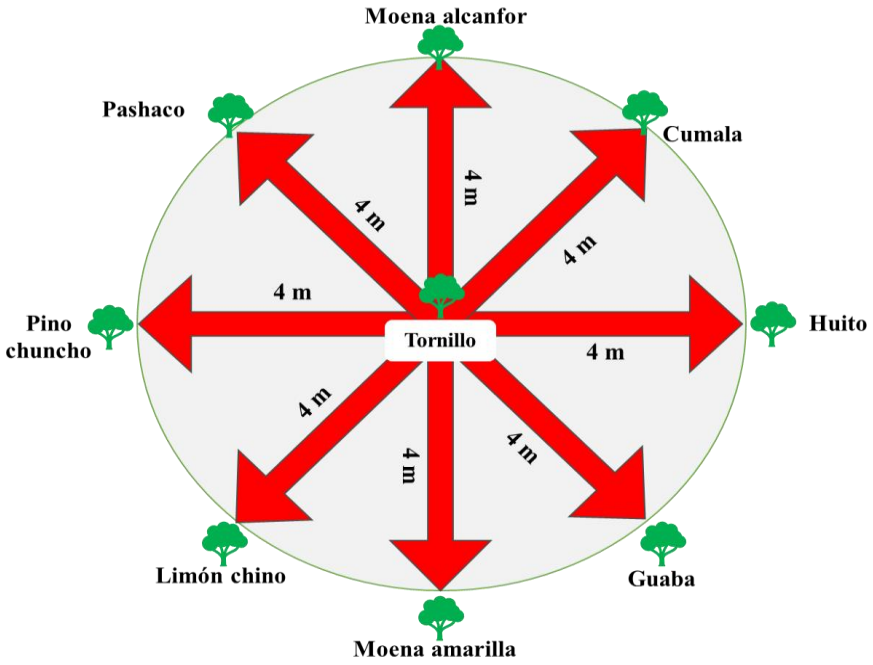

Figura 6. Grupo funcional en diseño de parcela circular.

Posterior a la delimitación de las parcelas, con un poceador se realizaron hoyos de 15 cm de diámetro y 30 cm de profundidad en cada punto de plantación, seguidamente, se trasladaron los plantones desde el Vivero Forestal de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal hasta el área ubicado en la Colina Baja del BRUNAS a 10 minutos de los laboratorios de Ingeniería Ambiental como se muestra en la **Figura 7**, para ello se necesitaron jabas de madera y plástico cuya capacidad fue de 20 plantones y en total se trasladaron 648 plantones siendo 72 por especie, todos estos plantones fueron colocadas en un espacio con sombra para evitar que se deshidraten; al día siguiente desde las 6:00 a.m., fueron distribuidos en las parcelas cuadradas y circulares, luego con una navaja se quitó la bolsa del plantón, se colocó cuidadosamente en el hoyo y se cubrió con tierra, cabe mencionar que la instalación de estos grupos se realizó el 01 de abril de 2024.

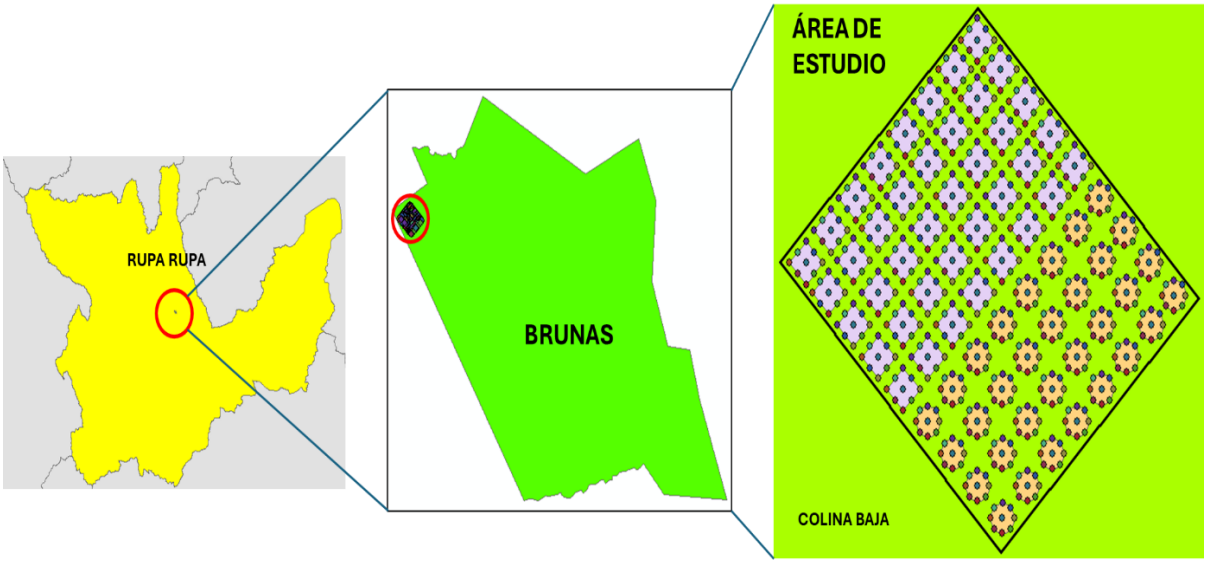

Figura 7. Mapa simple de ubicación del área de estudio.

3.2.2.2. Determinación del porcentaje de sobrevivencia y mortandad de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales

Se evaluó el número de plantones vivos y muertos a un mes de la instalación de los grupos funcionales en campo definitivo (01 de abril de 2024), luego se evaluó en forma mensual hasta noviembre de 2024, para ello se utilizó el formato que se detalla en el **Anexo A**. Asimismo, se realizó plateo a 30 cm de radio de los plantones, esta actividad se realizó cada tres meses. Para determinar el porcentaje de sobrevivencia y mortandad se utilizaron las siguientes ecuaciones propuestas por Linares-Luján & Parejo-Moruno (2015):

$$\textbf{Ps} = \frac{Número\ de\ plantas\ vivas}{Número\ de\ plantas\ total} \text{ x } 100 \qquad \text{Ecuación 1}$$

$$\textbf{Pm} = \frac{Número\ de\ plantas\ muertas}{Número\ de\ plantas\ total} \text{ x } 100 \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Ps: porcentaje de sobrevivencia

Pm: porcentaje de mortandad

3.2.2.3. Determinación y comparación del incremento de altura y diámetro de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales

Para comparar el incremento de altura y diámetro de las especies forestales se evaluó la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta, el diámetro se evaluó con un vernier mecánico a 10 cm del nivel del suelo, las evaluaciones se realizaron desde abril hasta noviembre del 2024 en forma mensual, para ello se se utilizó el formato que se detalla en el **Anexo.** Además, se utilizaron las siguientes ecuaciones propuestas por Linares (2005):

$$\boldsymbol{Ih = Af - Ai} \qquad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Ih: incremento de altura

Af: altura final (evaluación final)

Ai: altura inicial (evaluación inicial)

$$\boldsymbol{Id = df - di} \qquad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Id: incremento de diámetro

df: diámetro final (evaluación final)

di: diámetro inicial (evaluación inicial)

3.2.2.4. Procesamiento de datos

Los datos recolectados en campo fueron digitados y procesados en el programa Microsoft Excel 2019 y los resultados fueron presentados en tablas y representados en figuras estadísticas tipo barras y líneas.

3.2.2.5. Elaboración de mapa de dispersión

Para la elaboración del mapa de dispersión de los grupos funcionales se utilizó el software ArcMap 10.8, para las cuales se utilizaron archivos vectoriales (Shapefile) de las coordenadas de cada planta en campo, BRUNAS, límites regionales, provinciales y distritales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Instalación de grupos funcionales de especies forestales con fines de restauración ecológica sobre un área perturbada en el BRUNAS

Tabla 4. Grupos funcionales instalados con fines de restauración en el BRUNAS.

Grupo funcional	Distanciamiento	N° de parcelas
Parcela cuadrada	8 x 8 m	40
Parcela circular	4 m de radio	32
Total		**72**

Tabla 5. Número de plantones por grupo funcional.

Especie	Nombre vulgar	Número de plantones	
		Parcela cuadrada	Parcela circular
M. acaciifolium (Benth.) Benth.	Pashaco	39	32
O. aciphylla (Ness & Mart.) Mez	Alcanfor moena	39	32
V. multinervia Ducke	Cumala	40	32
G. americana L.	Huito	40	32
C. cateniformis (Ducke) Ducke	Tornillo	39	32
S. parahyba (Vell.) SFBlake	Pino chuncho	39	32
A. bilimbi L.	Limón chino	40	32
A. perutilis Hemsl	Moena amarillo	40	32
I. edulis Mart.	Guaba	40	32
Total		**356**	**288**

Con base en la **Tabla 4**, se observa que se logró instalar 72 grupos funcionales distribuidos en 40 parcelas cuadradas de 8 x 8 m y 32 parcelas circulares de 4 m de radio, en las cuales se consideró un plantón por cada especie como se detalla en la **Tabla 5**, en las cuales se observa que en la parcela cuadrada se instaló 39 plantones de *M. acaciifolium, O. aciphylla, C. cateniformis, S. parahyba,* esto fue debido a que en la parcela cuadrada N°2 existió un socavón en el punto de plantación; asimismo, se instalaron 644 plantones en total, distribuidos en 356 en las parcelas cuadradas y 288 en las circulares. Cabe precisar que estos dos diseños de grupos funcionales fueron adaptados del Manual de Restauración Ecológica del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del 2021, asimismo, el SERFOR considera colocar un soporte para aves en el centro de cada parcela circular, en nuestro caso no se consideró el soporte, pero si se consideró un plantón.

SERFOR (2021), refiere que existen dos formas de restauración: pasiva y activa, la pasiva también conocida como asistida porque interviene la mano del hombre a través de nucleación, plantaciones, sistemas agroforestales (SAF), asimismo, para plantaciones y SAF recomienda 3 m entre plantas y 2 m de calle en forma tresbolillo; en nuestro caso hemos aplicado la restauración activa a través de plantaciones y se consideró 4 m de distancia entre plantas en forma cuadrada y 4 m en forma de radio, con la finalidad de conservar el mayor número de plantas posibles si estas llegaran a sufrir algún tipo de ataque. En esta investigación se instalaron 40 parcelas cuadras y 32 circulares con el objetivo de restaurar un área perturbada y según Ospina *et al*. (2015) y Sanchún *et al*. (2016) en su *Plan Nacional de Restauración*, la restauración busca restablecer la estructura, la productividad y la diversidad de especies presentes en el bosque original, asimismo, Gann *et al*. (2019) corroboran que este proceso permite acelerar la recuperación de un ecosistema de manera sostenible.

Por su lado Vargas (2007) señala que la restauración ecológica se refiere a la intervención cuando un ecosistema está gravemente degradado o su recuperación natural es muy lenta, es por ello por lo que en esta investigación se propuso intervenir un área perturbada con presencia de pastizal en el BRUNAS ya que la recuperación natural es muy lenta, asimismo, Vargas (2007) recomienda: evaluar y monitorear la regeneración, y es por eso por lo que se evaluó el comportamiento de las especies seleccionadas. asimismo, Cogollo *et al*. (2020) refieren que la elección adecuada de especies es crucial para el éxito de todo proyecto de restauración y se deben considerar factores como la adaptabilidad al sitio, la capacidad de competir con especies invasoras y la contribución a la estructura y función del ecosistema; por ello se seleccionaron especies nativas de colina baja del BRUNAS para garantizar buenos resultados, a excepción de *G. americana* y *A. bilimbí*.

Por otro lado Chazdon *et al*., (2021) mencionan que los grupos funcionales son la clasificación de las especies de acuerdo con su función ecológica dentro del ecosistema y estas pueden incluir por ejemplo, especies fijadoras de nitrógeno, especies que aportan materia orgánica al suelo, polinizadores o dispersores de semillas; por lo que en nuestra investigación se consideró especies fijadores de nitrógeno: *M. acaciifolium, C. cateniformis, S. parahyba, I. edulis*, frutales: *G. americana, A. bilimbí*, polinizadores: *O. aciphylla, V. multinervia, A. perutilis*.

4.2. Determinación del porcentaje de sobrevivencia y mortandad de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales

Tabla 6. Porcentaje de sobrevivencia y mortandad en grupos funcionales de parcela cuadrada.

Especie	N° plantones instalados*	N° de plantones**		Porcentaje (%)	
		Vivos	Muertos	Sobrevivencia	Mortandad
G. americana L.	40	37	3	92,50	7,50
V. multinervia Ducke	40	35	5	87,50	12,50
A. bilimbi L.	40	33	7	82,50	17,50
I. edulis Mart.	40	31	9	77,50	22,50
M. acaciifolium (Benth.) Benth.	39	27	12	69,23	30,77
O. aciphylla (Ness & Mart.) Mez	39	27	12	69,23	30,77
S. parahyba (Vell.) SFBlake	39	21	18	53,85	46,15
A. perutilis Hemsl	40	18	22	45,00	55,00
C. cateniformis (Ducke) Ducke	39	9	30	23,08	76,92

*Los plantones fueron instalados el 01 de abril de 2024. **El número de plantones vivos y muertos se realizó en 01 de noviembre de 2024.

Tabla 7. Porcentaje de sobrevivencia y mortandad en grupos funcionales de parcela circular.

Especie	N° plantones instalados*	N° de plantones**		Porcentaje (%)	
		Vivos	Muertos	Sobrevivencia	Mortandad
G. americana L.	32	26	6	81,25	18,75
O. aciphylla (Ness & Mart.) Mez	32	24	8	75,00	25,00
V. multinervia Ducke	32	24	8	75,00	25,00
M. acaciifolium (Benth.) Benth.	32	22	10	68,75	31,25
A. bilimbi L.	32	21	11	65,63	34,37
I. edulis Mart.	32	21	11	65,63	34,37
S. parahyba (Vell.) SFBlake	32	19	13	59,38	40,62
A. perutilis Hemsl	32	19	13	59,38	40,62
C. cateniformis (Ducke) Ducke	32	13	19	40,63	59,37

*Los plantones fueron instalados el 01 de abril de 2024. **El número de plantones vivos y muertos se realizó en 01 de noviembre de 2024.

Con base en la **Tabla 6**, se aprecia que siete especies forestales presentaron porcentaje de sobrevivencia superior a 50%, siendo la *G. americana* la especie con el mayor porcentaje de sobrevivencia (92,50%) y menor porcentaje de mortandad (7,50%), mientras que la *C. cateniformis* presentó el menor porcentaje de sobrevivencia (23,08%) y el mayor porcentaje de mortandad (76,92%), esto debido a que las parcelas cuadradas fueron instaladas en campo abierto y expuestas directamente al sol y además, se observó quemadura en las hojas el cual provocó que estas se secaran como se muestra en la **Figura 8**, por otro lado, la *G. americana*

es una especie que se desarrolla en terrenos expuestos directamente al sol, mientras que la *C. cateniformis* es una especie que requiere de sombra en sus primeros meses de instalación en campo definitivo.

Figura 8. Quemadura en las hojas de *C. cateniformis*.

Con base en la **Tabla 7**, se observa que ocho especies forestales presentaron porcentaje de sobrevivencia superior a 50% y se corrobora que la *G. americana* fue la que presentó mayor porcentaje de sobrevivencia (81,25%) y menor porcentaje de mortandad (18,75%), y la especie con menor porcentaje de sobrevivencia fue la *C. cateniformis* con 40,63%, asimismo, presentó el mayor porcentaje de mortandad siendo 59,37%.

Asimismo, los resultados de la **Tabla 6 y 7** muestran que ambos grupos funcionales son muy similares, a pesar de que las parcelas cuadradas fueron establecidas en campo abierto a diferencia de las parcelas circulares que se establecieron en cobertura boscosa, a pesar de estas diferencias se observa el mismo comportamiento de las especies en cuanto a porcentaje de sobrevivencia y mortandad; esto podría ser debido a las condiciones climáticas, ya que entre los meses de marzo a octubre correspondieron a temporada seca con ausencia de lluvias, asimismo, podemos asegurar que la calidad del suelo para ambos grupos funcionales fue la misma (suelo perturbado).

Delgado *et al*. (2016) mencionan que la capacidad adaptativa es la resiliencia u habilidad para acoplarse y/o adaptarse a los cambios ambientales, por lo que corroboramos, ya que las especies sufrieron deshidratación de abril a octubre por falta de lluvias, sin embargo, a pesar de esas condiciones ambientales desfavorables las especies lograron sobrevivir aunque no al 100% como se esperaba; por otro lado, Martínez Calderón (2023) reforestó con *Quercus eduardii* y *Quercus potosina* mediante semillas y plántulas protegidas con nodrizas y jaulas, y obtuvo una mortalidad del 100% debido a la falta de lluvias, sin embargo, los resultados obtenidos en nuestra investigación el máximo porcentaje de mortandad en la parcela cuadrada fue 76,92% y en la circular 59,37% por lo que diferimos con los resultados de Martínez Calderón (2023); Asimismo, Díaz-Páez y Polanía (2017) experimentaron restaurar una zona degradada por ganadería en San Félix (Bello, Antioquia), utilizando la técnica de nucleación con especies nativas, establecieron estacas y plántulas de diversas especies por su disponibilidad e importancia ecológica, pero tras 13 semanas la mortalidad de las estacas fue 100% y la de las plántulas alcanzó el 50%, por lo tanto, también diferimos de estos resultados.

Por su lado González (2018) evaluó la reintroducción de *Senna arnottiana* y *Stipa speciosa var. speciosa* en canteras abandonadas en la Reserva Provincial Auca Mahuida (Argentina), aplicó cuatro tratamientos con diferentes combinaciones de hidrogel y asociación entre especies y evaluó la supervivencia y crecimiento de *S. arnottiana* al año de plantado y obtuvo como supervivencia promedio 84,75 %, sin diferencias significativas entre tratamientos, mientras que el crecimiento mostró variabilidad; sin embargo, en nuestro estudio no se aplicó ningún tratamiento y ningún tipo de abono.

Garcia Bravo (2023) evaluó el comportamiento de especies forestales nativas reintroducidas en un bosque secundario del caserío San Juan, San Martín, utilizó una parcela de 1 ha con 20 meses de establecimiento, ubicada en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul, evaluó a través de grupos funcionales midiendo variables como índice de esbeltez, espacio vital, copa y tasas de crecimiento cada cuatro meses durante un año a: *Symphonia globulifera, Guazuma ulmifolia, Clarisia racemosa, Calophyllum brasiliense, Aniba puchuryminor, Pourouma cecropiifolia, Trattinnickia aspera, Pouteria guianensis, Hevea brasiliensis, Jacaranda copaia y Tachigali versicolor*, en sus resultados no registró mortalidad en varias especies y concluyó que la mayoría de las especies presentan un comportamiento inicial favorable para su uso en restauración ecológica; con base a estos resultados, observamos que estás especies también encontramos en el BRUNAS y pueden ser de gran alternativa para sustituir al *C. cateniformis* y a aquellas que presentaron mayor porcentaje de mortandad.

4.3. Determinación y comparación del incremento de altura y diámetro de las especies forestales establecidas mediante grupos funcionales

4.3.1. *M. acaciifolium* (Benth.) Benth.

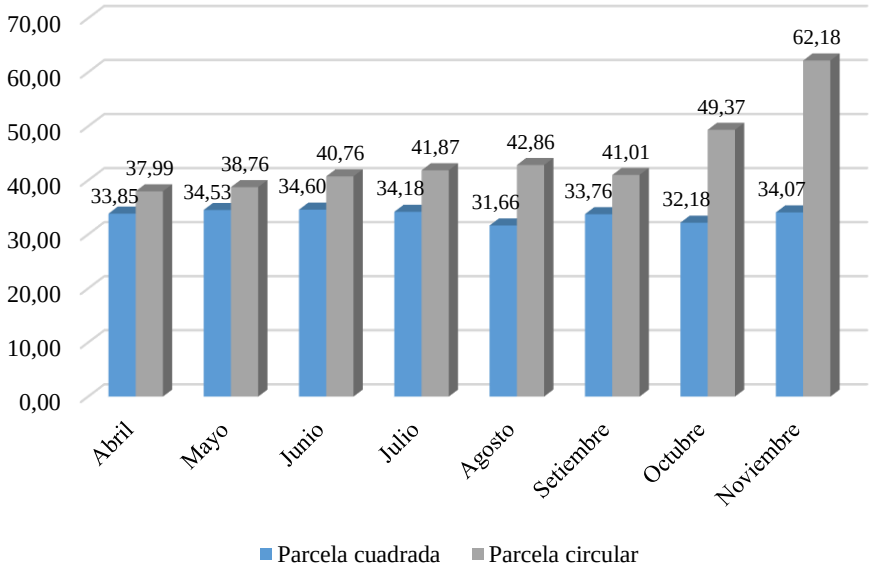

Figura 9. Altura mensual de *M. acaciifolium*, expresado en cm.

Como se muestra en la **Figura 9**, la altura mensual de *M. acaciifolium* en la parcela cuadradas fue muy variado y a su vez se observa que hubo meses en las cuales existió una ligera caída en cuanto a la altura (julio, agosto y octubre), esto se debió a que los plantones fueron atacados insectos; en la parcela circular se logra apreciar que el incremento de altura fue muy favorable siendo 24,19 cm, a diferencia de la cuadrada que presentó un incremento de 0,22 cm.

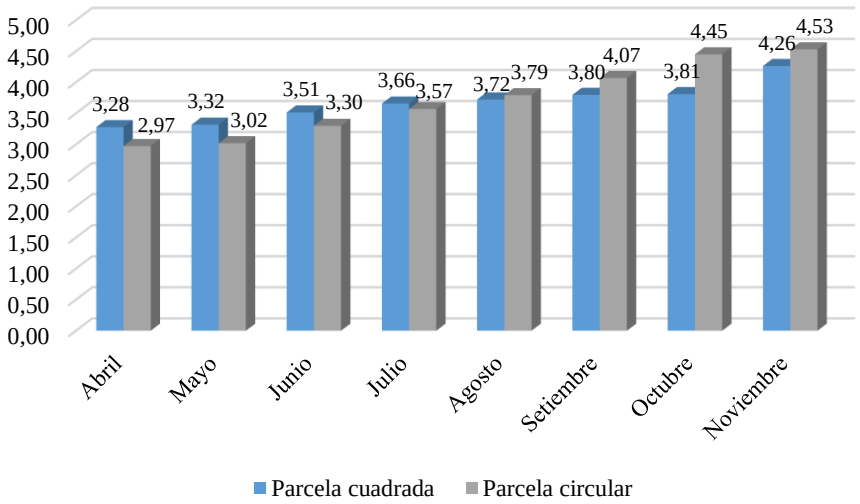

Figura 10. Diámetro mensual de *M. acaciifolium*, expresado en mm.

Con base en la **Figura 10**, el diámetro de *M. acaciifolium* fue favorable para ambos grupos funcionales, además, de agosto a noviembre la parcela circular presentó mayor tamaño que la cuadrada, siendo 0,98 mm de incremento en la parcela circular y 1,56 mm en la cuadrada.

4.3.2. *O. aciphylla* (Ness & Mart.) Mez

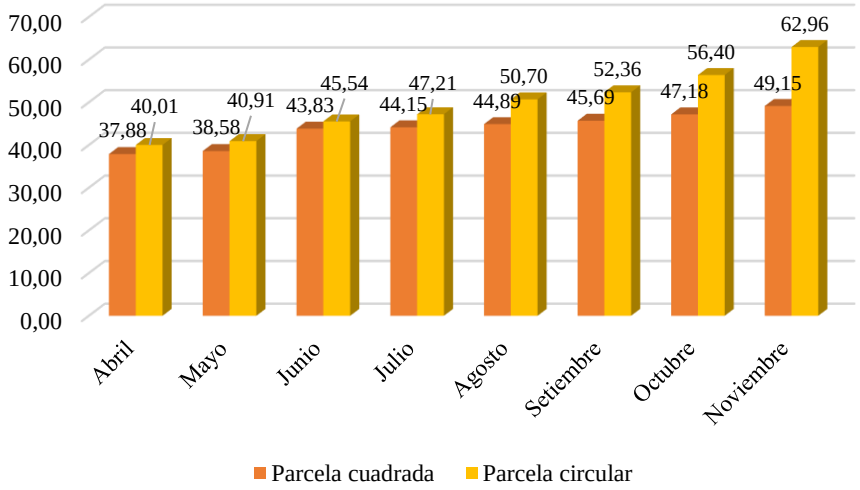

Figura 11. Altura mensual de *O. aciphylla*, expresado en cm.

En la **Figura 11**, se observa que la altura mensual de *O. aciphylla* fue favorable para ambos grupos funcionales, siendo 11,27 cm el incremento en la parcela cuadrada y 22,68 cm en la circular, sin embargo, esta última es la que refleja mejores resultados.

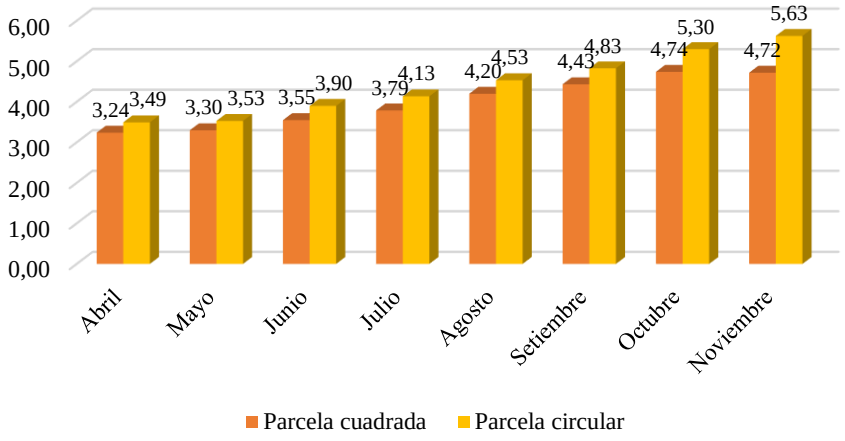

Figura 12. Diámetro mensual de *O. aciphylla*, expresado en mm.

En la **Figura 12**, se observa que el diámetro mensual de *O. aciphylla* fue favorable para ambos grupos funcionales, además, la parcela cuadrada presentó un incremento de 1,48 mm, mientras que la circular presentó 2,14 mm.

4.3.3. *V. multinervia* Ducke

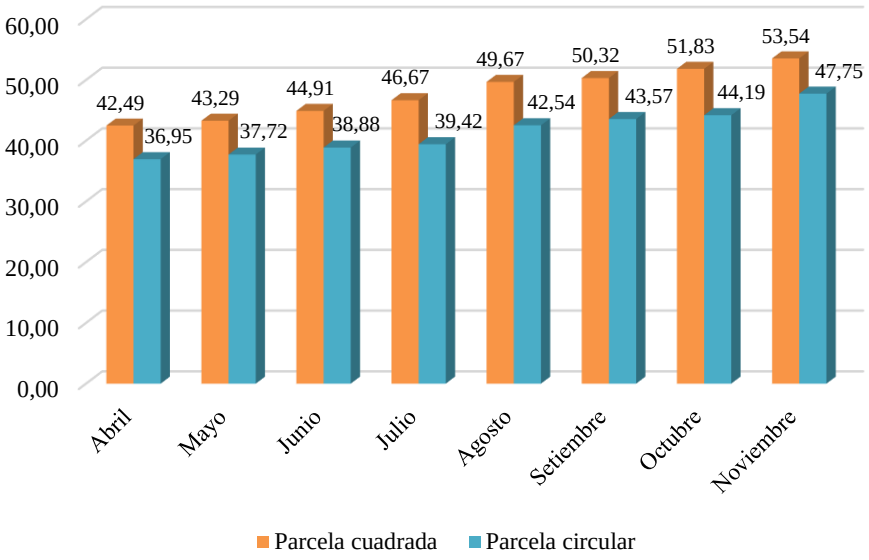

Figura 13. Altura mensual de *V. multinervia*, expresado en cm.

Como se muestra en la **Figura 13**, la altura mensual de *V. multinervia* fue favorable para ambos grupos funcionales, siendo 11,05 cm el incremento en la parcela cuadrada y 10,80 cm en la circular; sin embargo, no se observa mucha diferencia numérica, por lo que afirmamos que el comportamiento de esta especie fue igual en ambos grupos.

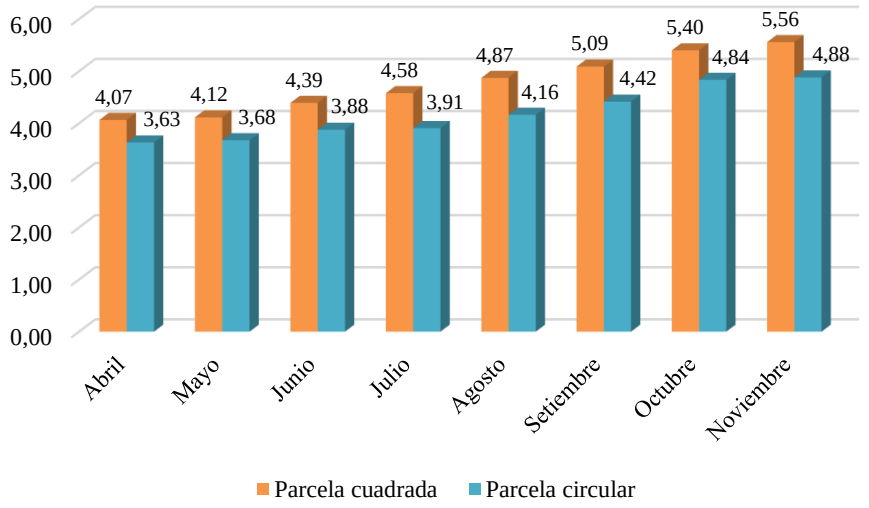

Figura 14. Diámetro mensual de *V. multinervia*, expresado en mm.

En la **Figura 14**, se observa que el diámetro mensual de *V. multinervia* fue favorable para ambos grupos funcionales, además, el mayor incremento presentó la parcela cuadrada siendo 1,49 mm, mientras que la circular presentó 1,25 mm.

4.3.4. *G. americana* L.

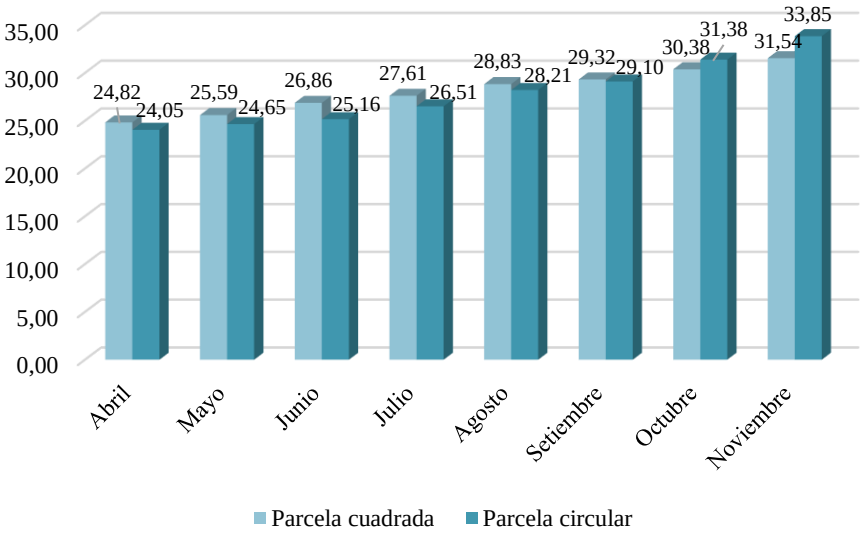

Figura 15. Altura mensual de *G. americana*, expresado en cm.

En la **Figura 15**, se observa que la altura mensual de *G. americana* fue favorable para ambos grupos funcionales, siendo 6,72 cm el incremento en la parcela cuadrada y 9,80 cm en la circular; sin embargo, se observa que esta especie tuvo mejor adaptación en la parcela circular y que en el mes de octubre sobrepasó a la altura promedio de la parcela cuadrada, esto por la presencia de lluvias en la zona.

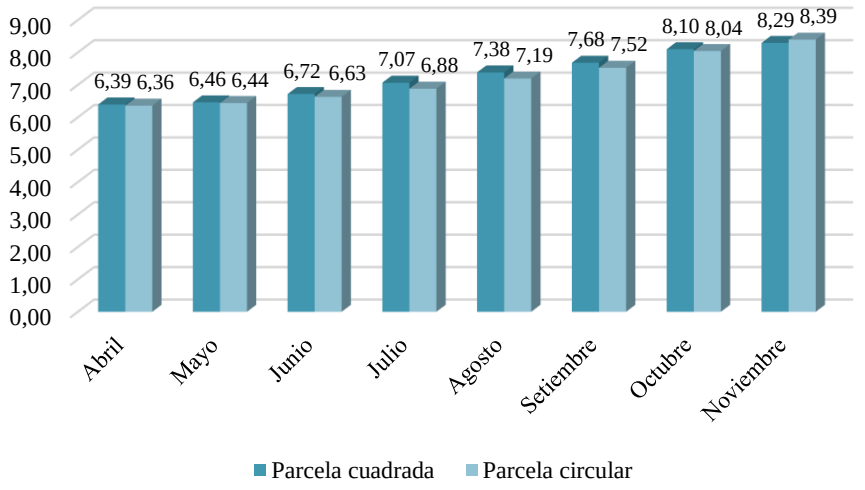

Figura 16. Diámetro mensual de *G. americana*, expresado en mm.

En la **Figura 16**, se observa que el diámetro mensual de *G. americana* fue favorable para ambos grupos funcionales, además, el mayor incremento presentó la parcela circular siendo 2,03 mm, mientras que la cuadrada presentó 1,90 mm.

4.3.5. *C. cateniformis* (Ducke) Ducke

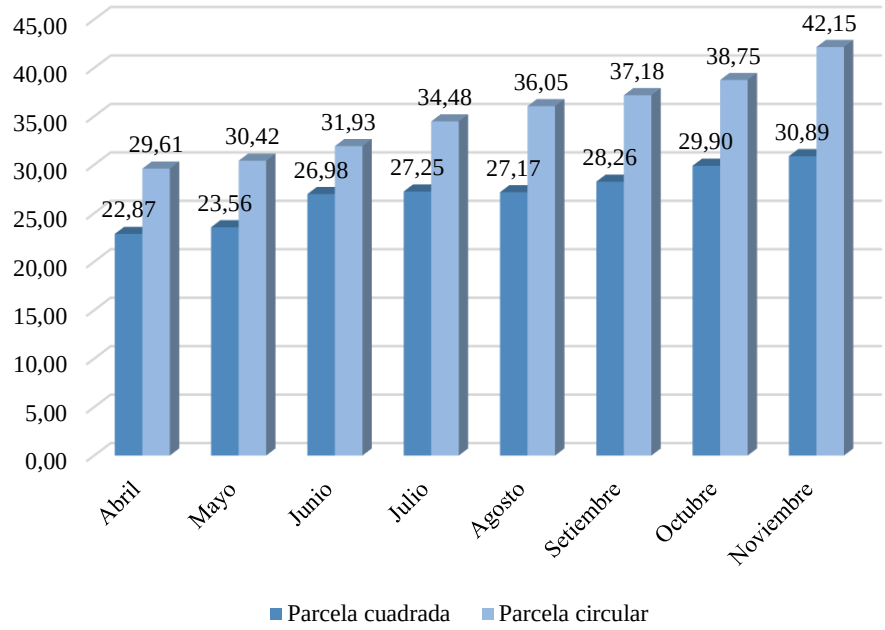

Figura 17. Altura mensual de *C. cateniformis*, expresado en cm.

En la **Figura 17**, se observa que la altura mensual de *C. cateniformis* fue favorable para ambos grupos funcionales, siendo 8,02 cm el incremento en la parcela cuadrada y 12,54 cm en la circular; siendo esta última la que obtuvo mejor resultado, esto por la cobertura boscosa que actuó como sombra a diferencia de la parcela cuadrada, además, porque se observó ataque de *Atta cephalotes*, como se muestra en la **Figura 18.**

Figura 18. Ataque de *A. cephalotes* en *C. cateniformis.*

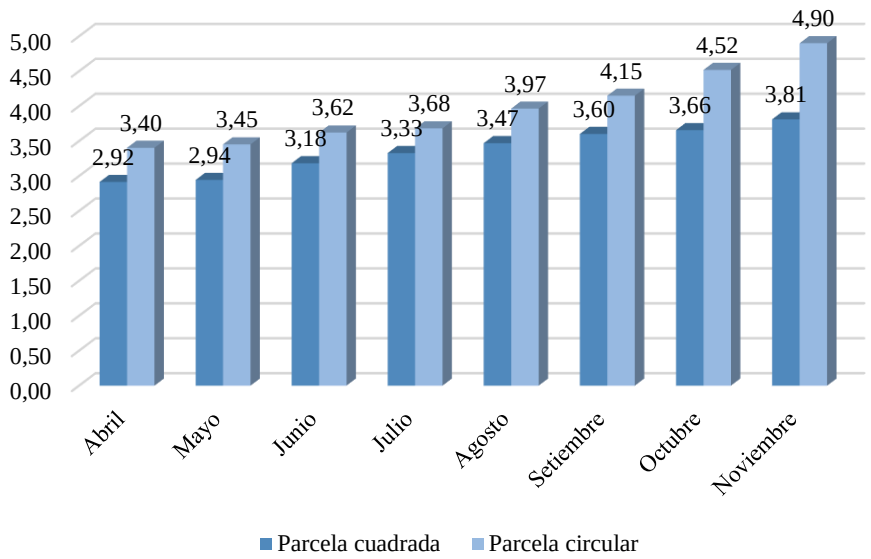

Figura 19. Diámetro mensual de *C. cateniformis*, expresado en mm.

En la **Figura 19**, se observa que el diámetro mensual de *C. cateniformis* fue favorable para ambos grupos funcionales, además, el mayor incremento presentó la parcela circular siendo 1,50 mm, mientras que la cuadrada presentó 0,89 mm.

4.3.6. *S. parahyba* (Vell.) SFBlake

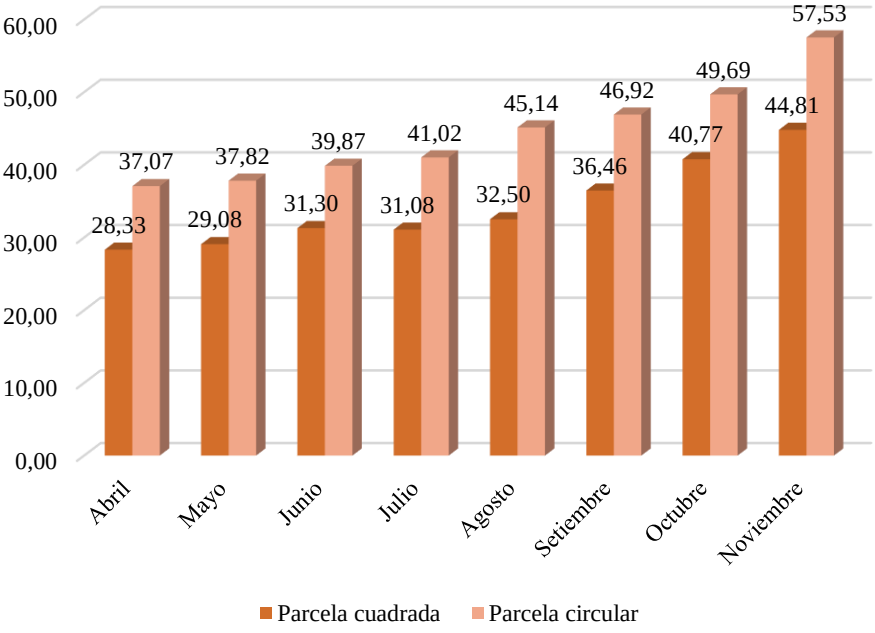

Figura 20. Altura mensual de *S. parahyba*, expresado en cm.

En la **Figura 20**, se observa que la altura mensual de *S. parahyba* fue favorable para ambos grupos funcionales, siendo 16,48 cm el incremento en la parcela cuadrada y 20,46 cm

en la circular; siendo esta última la que obtuvo mejor resultado, esto por la cobertura boscosa que actuó como sombra a diferencia de la parcela cuadrada, además, se observa mayor crecimiento en los meses de octubre y noviembre, debido a la presencia de lluvias.

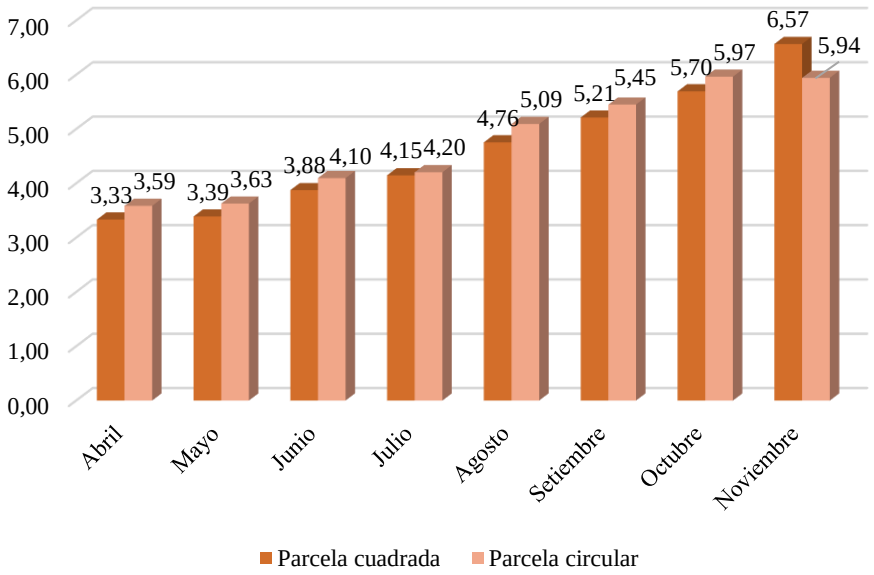

Figura 21. Diámetro mensual de *S. parahyba*, expresado en mm.

En la **Figura 21**, se observa que el diámetro mensual de *S. parahyba* fue favorable para ambos grupos funcionales, sin embargo, el mayor incremento presentó la parcela cuadrada siendo 3,24 mm, mientras que la circular presentó 2,35 mm, además, se observa un decrecimiento en la parcela circular de octubre a noviembre debido a que los plantones presentaron algunos ataques por patógenos en el tallo, como se muestra en la **Figura 22.**

Figura 22. Ataque de patógeno en el tallo de *S. parahyba*.

4.3.7. *A. bilimbi* L.

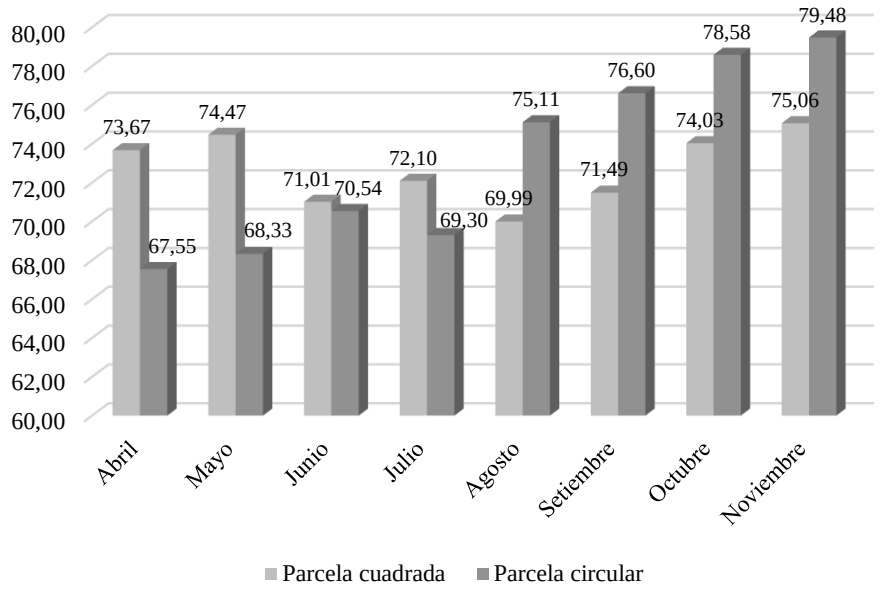

Figura 23. Altura mensual de *A. bilimbi*, expresado en cm.

En la **Figura 23**, se observa que la altura mensual de *A. bilimbi* fue favorable para ambos grupos funcionales, sin embargo, se observa que entre los meses de junio a agosto esta especie presentó una ligera caída en altura en la parcela cuadrada, esto debido al ataque del *A cephalotes*, asimismo, se aprecia que la especie presentó mayor adaptación en la parcela circular siendo 11,93 cm el incremento mientras que en la parcela cuadrada fue 1,39 cm. Además, se observó el ataque de insectos que cortaron el tallo como se observa en la **Figura 24.**

Figura 24. Ataque de insecto al *A. bilimbi*.

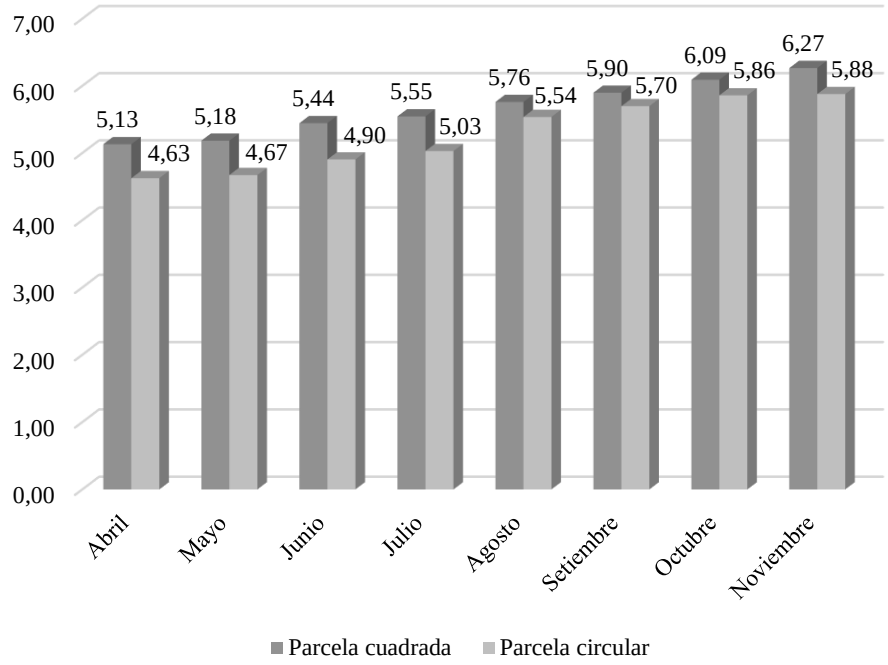

Figura 25. Diámetro mensual de *A. bilimbi*, expresado en mm.

En la **Figura 25**, se observa que el diámetro mensual de *A. bilimbi* fue favorable para ambos grupos funcionales, además, el mayor incremento presentó la parcela circular siendo 1,25 mm, mientras que la cuadrada presentó 1,14 mm.

4.3.8. *A. perutilis* Hemsl

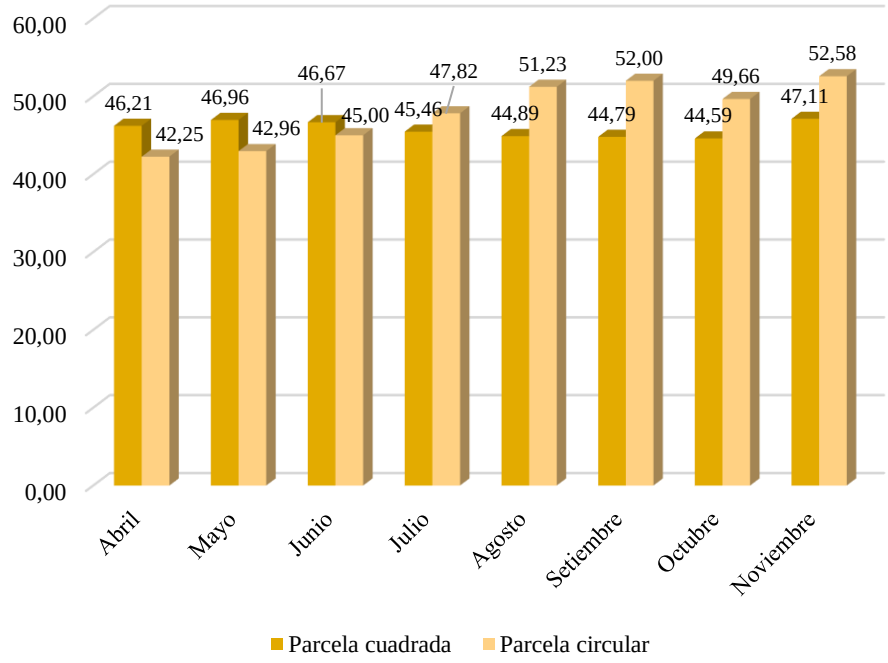

Figura 26. Altura mensual de *A. perutilis*, expresado en cm.

En la **Figura 26**, se observa que la altura mensual de *A. perutilis* fue favorable para ambos grupos funcionales, sin embargo, se observa que de junio a octubre el crecimiento decreció en la parcela cuadrada, mientras que en la parcela circular sucedió lo mismo en octubre, esto debido al ataque del *A cephalotes*, asimismo, la especie presentó mayor adaptación en la parcela circular siendo 10,33 cm de incremento, mientras que la cuadrada presentó 0,90.

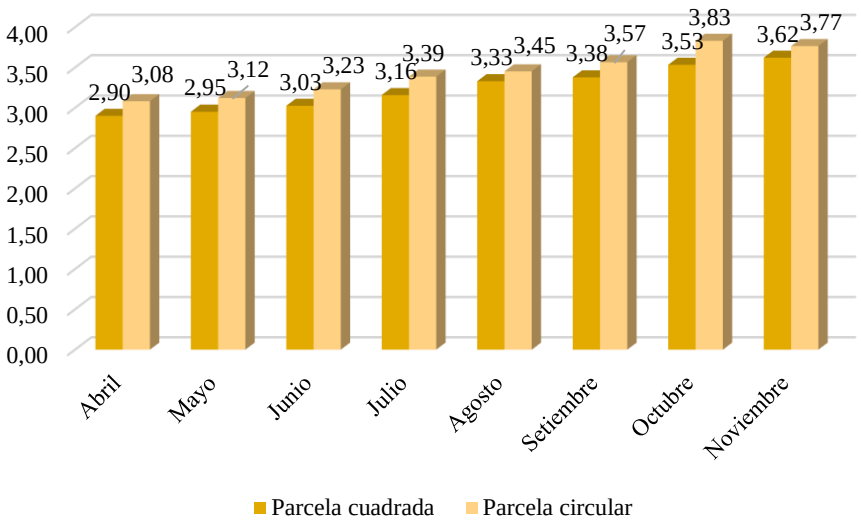

Figura 27. Diámetro mensual de *A. perutilis*, expresado en mm.

En la **Figura 27**, se observa que el diámetro mensual de *A. perutilis* fue favorable para ambos grupos funcionales, el incremento en la parcela cuadrada fue 0,72 mm y en la circular fue 0,69 mm, siendo valores muy similares.

4.3.9. *I. edulis* Mart.

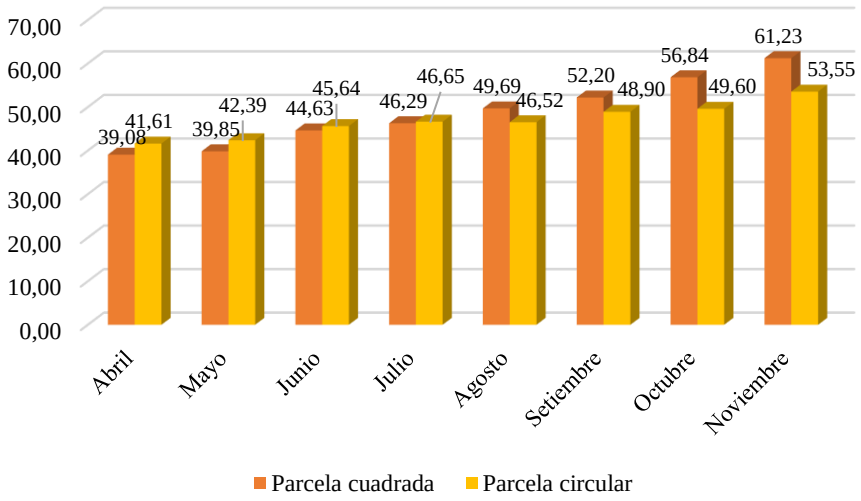

Figura 28. Altura mensual de *I. edulis*, expresado en cm.

En la **Figura 28**, se observa que la altura mensual de *I. edulis* fue favorable para ambos grupos funcionales, también se observa que de agosto a noviembre presentó mayor tamaño en la parcela cuadrada superando a la circular, esto debido a que esta especie es adaptable a cielo abierto, asimismo, presentó 22,15 cm de incremento en altura en la parcela cuadrada mientras que en la parcela circular fue 11,94 cm.

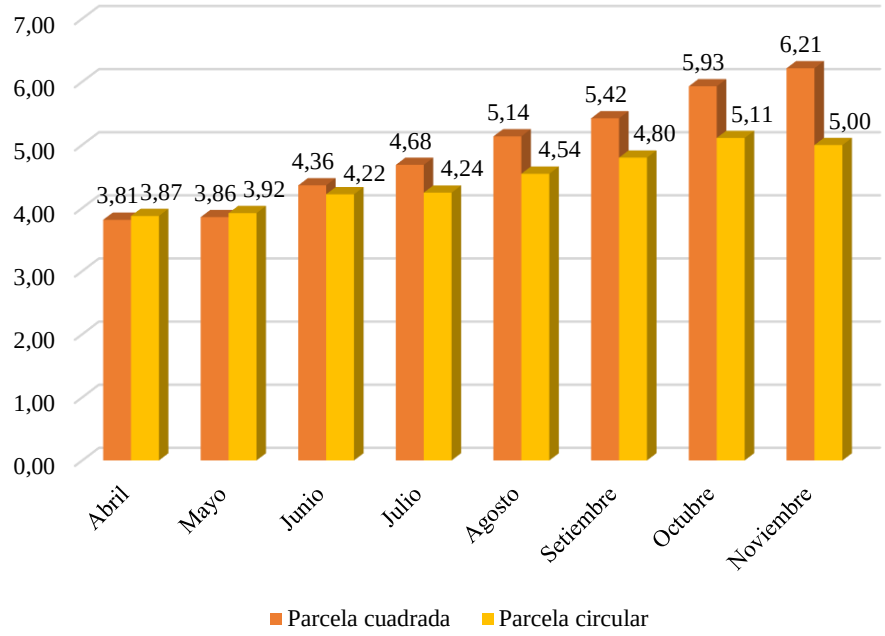

Figura 29. Diámetro mensual de *I. edulis*, expresado en mm.

En la **Figura 29**, se observa que el diámetro mensual de *I. edulis* fue favorable para ambos grupos funcionales, además, el mayor incremento presentó la parcela cuadrada siendo 2,40 mm, mientras que la circular presentó 1,13 mm.

Por lo tanto, se observa que el mayor incremento de altura de las nueve especies forestales fue en la parcela circular, a diferencia de *I. edulis* que presentó mayor incremento en altura en la parcela cuadrada; estas diferencias se debieron a múltiples factores como temporada seca, presencia de lluvias, nutrientes en el suelo.

Por su lado, Bacca y Burbano (2018), evaluaron el proceso de restauración en bosques de la zona altoandina, áreas agrícolas y áreas de uso pecuario, para ello seleccionaron especies nativas de 20 y 50 cm de altura para sembrarlas, como resultados obtuvieron que las especies *Anthurium andreanum* linden y *Sanseviera trifasciata* Prain, presentaron un crecimiento notable y que la menor tasa de crecimiento se da en el área de uso agrícola, por lo que esa área la restauración debe utilizar procedimientos más severos; por lo tanto, corroboramos con Bacca

y Burbano, ya que en nuestro estudio se tienen resultados favorables en cuanto al incremento en altura y diámetro, sin embargo, podemos acelerar más el incremento aplicando abonos orgánicos.

Además, Torres *et al.* (2015), evaluaron la reforestación en áreas afectadas por incendios en las Sierras de Córdoba - Argentina; compararon el desempeño de *Acacia caven* y *Lithraea molleoides* en sitios quemados y no quemados, dos años después de la plantación, la supervivencia osciló entre 24% en sitios quemados y 92% en no quemados, asimismo, el crecimiento fue variable: *L. molleoides* tuvo un incremento promedio de 11.4±1.4 cm, mientras que *A. caven* decreció de -2.3±2.0 cm; por lo tanto, según nuestros resultados en cuanto a la altura observamos que fue variable en cada especie y entre grupos funcionales (parcelas cuadradas y circulares), además, se observó decrecimiento en *M. acaciifolium, A. bilimbi* debido al ataque de patógenos y *A. cephalotes*, por lo que corroboramos con Torres *et al*.

Trinidad Sumaran (2020) en su investigación en 12 meses obtuvo como resultado que *Hevea guianensis, Clarisia racemosa, Calophyllum brasiliense* y *Nectandra amplifolia* mostraron los mayores valores en altura total (promedio de 2,5 m), diámetro del tallo (2,1 cm); sin embargo, con base en nuestros resultados el incremento en altura en la parcela circular todas las especies superan a 2,5 cm mientras que en la parcela cuadrada *M. acaciifolium, A. bilimbí, A. perutilis* son inferiores a 2,5 cm, por otro lado, el incremento del diámetro del tallo en las nueve especies es inferior al de Trinidad Sumaran, ya que nuestro resultado se midió en mm.

V. CONCLUSIONES

- Se instalaron 72 grupos funcionales, divididos en 40 parcelas cuadradas de 8 x 8 m y 32 parcelas circulares de 4 m de radio; en las parcelas cuadradas en total se instalaron 39 individuos de *M. acaciifolium,* 39 de *O. aciphylla,* 40 de *V. multinervia,* 40 de *G. americana,* 39 de *G. americana,* 39 de *S. parahyba,* 40 de *A. bilimbí,* 40 de *A. perutilis* y 40 de *I. edulis,* mientras que en las parcelas circulares se instalaron 32 individuos por cada especie.

- En el grupo funcional de parcela cuadrada: *G. americana* presentó 92,50% de sobrevivencia y 7,50% de mortandad; *V. multinervia* 87,50% y 12,50%; *A. bilimbi* 82,50% y 17,50%; *I. edulis* 77,50% y 22,50%; *M. acaciifolium* 69,23% y 30,77%; *O. aciphylla* 69,23% y 30,77%; *S. parahyba* 53,85% y 46,15%; *A. perutilis* 45,00% y 55,00%; *C. cateniformis* 23,08% y 76,92% respectivamente. Mientras que en el grupo funcional de parcela circular: *G. americana* presentó 81,25% de sobrevivencia y 18,75% de mortandad; *O. aciphylla* 75,00% y 25,00%; *V. multinervia* 75,00% y 25,00%; *M. acaciifolium* 68,75% y 31,25%; *A. bilimbi* 65,63% y 34,37%; *I. edulis* 65,63% y 34,37%; *S. parahyba* 59,38% y 40,62%; *A. perutilis* 59,38% y 40,62%; *C. cateniformis* 40,63% y 59,37% respectivamente.

- *M. acaciifolium* presentó 0,22 cm de incremento en altura en el grupo funcional de parcela cuadrada y 24,19 cm en el grupo funcional de parcela circular; *O. aciphylla* 11,27 cm en la cuadrada y 22,68 cm en la circular; *V. multinervia* 11,05 cm en la cuadrada y 10,80 cm en la circular; *G. americana* 6,72 cm en la cuadrada y 9,80 cm en la circular; *C. cateniformis* 8,02 cm en la cuadrada y 12,54 cm en la circular; *S. parahyba* 16,48 cm en la cuadrada y 20,46 cm en la circular; *A. bilimbí* 1,39 cm en la cuadrada y 11,93 cm en la circular; *A. perutilis* 0,90 cm en la cuadrada y 10,33 cm en la circular; *I. edulis* 22,15 cm en la cuadrada y 11,94 cm en la circular.

- *M. acaciifolium* presentó 1,56 mm de incremento en diámetro en el grupo funcional de parcela cuadrada y 0,98 mm en el grupo funcional de parcela circular; *O. aciphylla* 1,48 mm cuadrada y 2,14 mm en la circular; *V. multinervia* 1,49 mm en la cuadrada y 1,25 mm en la circular; *G. americana* 1,90 mm en la cuadrada y 2,03 mm en la circular; *C. cateniformis* 0,89 mm en la cuadrada y 1,50 mm en la circular; *S. parahyba* 3,24 mm en la cuadrada y 2,35 mm en la circular; *A. bilimbí* 1,14 mm en la cuadrada y 1,25 mm en la circular; *A. perutilis* 0,72 mm en la cuadrada y 0,69 mm en la circular; *I. edulis* 2,40 mm en la cuadrada y 1,13 mm en la circular.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Continuar evaluando la supervivencia, crecimiento y desarrollo de las especies forestales utilizadas en los grupos funcionales, además, añadir mediciones periódicas de biomasa, captura de carbono y regeneración del ecosistema monitoreando a largo plazo.

- Tener en cuenta la época de lluvias para realizar futura instalaciones o recalce y evitar alto porcentaje de mortandad y considerar los rasgos funcionales que ayuden a mantener la humedad del suelo.

- Extender la instalación de grupos funcionales en otras áreas degradadas dentro del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y zonas de amortiguamiento.

- Replicar el estudio en otras regiones con características ecológicas similares para validar la efectividad de la metodología.

- Evaluar la sucesión ecológica y los cambios en la biodiversidad asociados a la instalación de grupos funcionales y analizar el impacto de la restauración en la calidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes.

- Analizar la resiliencia del ecosistema restaurado mediante la medición de indicadores ecológicos, como la diversificación de especies secundarias, el reclutamiento natural y la estabilidad de las comunidades vegetales.

- Cuantificar el aporte de los grupos funcionales en la recuperación de servicios ecosistémicos clave, como la retención de carbono, la regulación hídrica y la mejora de la fertilidad del suelo.

- Implementar el uso de tecnología como drones, imágenes satelitales o sensores remotos para evaluar cambios en la cobertura vegetal y el impacto de la restauración.

- Evaluar el impacto de la restauración en la microfauna y microorganismos del suelo como bioindicadores de recuperación ecológica.

VII. REFERENCIAS

Bacca, P. P., & Burbano, D. L. (2018). Restauración ecológica de disturbios antrópicos presentes en la zona alto andina. *Revista de Ciencias Agrícolas*, *35*(2), 36-50.

Camargo Roa, S. C. (2014). Evaluación de grupos funcionales potenciales para la restauración de un fragmento de bosque seco tropical de la región del norte del Tolima, municipio de Venadillo.

Castellanos-Castro, C., & Bonilla, M. A. (2011). Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración en bordes de avance de un bosque altoandino. *Acta Biológica Colombiana*, *16*(1), 175-184.

Chazdon, R. L., Falk, D. A., Banin, L. F., Wagner, M., J Wilson, S., Grabowski, R. C., & Suding, K. N. (2021). The intervention continuum in restoration ecology: rethinking the active–passive dichotomy. *Restoration Ecology*.

Choi, Y. D. (2007). Restoration ecology to the future: a call for new paradigm. *Restoration ecology*, *15*(2), 351-353.

Cielo-Filho, R., & Souza, J. A. D. D. (2016). Assessing passive restoration of an Atlantic Forest site following a Cupressus lusitanica Mill. plantation clearcutting. *Ciência Florestal*, *26*, 475-488.

Clements, F. E. (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation* (No. 242). Carnegie institution of Washington.

Clewell, A. F., & Aronson, J. (2006 (2012). *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological restoration*. Island Press.

Cogollo Calderón, A. M., Velasco Linares, P., & Manosalva, L. (2020). Caracterización funcional de plantas y su utilidad en la selección de especies para la restauración ecológica de ecosistemas altoandinos. *Biota colombiana*, *21*(1), 1-15. http://www.scielo.org.co/pdf/biota/v21n1/2539-200X-biota-21-01-1.pdf

Cohen, N. y Gómez, G. (2019). Metodología de la investigación, ¿Para qué? Revista de Tesopress, 1 (2), 15 – 19 https://www.teseopress.com/metodologiadelainvestigacion/

Connell, J. H., & Slatyer, R. O. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist, 111*(982), 1119-1144. https://doi.org/10.1086/283241

Díaz, S., & Cabido, M. (2001). Vive la différence: la diversidad funcional de las plantas es importante para los procesos ecosistémicos. *Tendencias en ecología y evolución , 16* (11), 646-655.

Díaz-Páez, M., & Polanía, J. (2017). Experiencia piloto de nucleación con especies nativas para restaurar una zona degradada por ganadería en el norte de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, *18*(1 Sup), 60-69.

Delgado, D., Finegan, B., Martin, M., Acosta, M., Carrillo, F., Hernández, T., & Ribalaygua, J. (2016). Análisis de la vulnerabilidad al cambio climático de bosques de montaña en Latinoamérica: un punto de partida para su gestión adaptativa. *Serie Técnica. Informe Técnico*.

Duffy, J. E., Cardinale, B. J., France, K. E., McIntyre, P. B., Thébault, E., & Loreau, M. (2007). The functional role of biodiversity in ecosystems: incorporating trophic complexity. *Ecology Letters*, 10(6), 522-538. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01037.x

Espinoza Salas, D. M. (2022). Propuesta de un plan específico de cambio climático en el Parque Nacional Isla San Lucas, Área de Conservación Pacífico Central, Puntarenas, para el periodo 2023-2028.

Faichín Ramírez, M. D. R., & Mosqueira Mendoza, E. (2021). Restauración ecológica del área afectada por incendio forestal en el Cañón de Sangal, Cajamarca 2020.

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., ... & Dixon, K. W. (2019). Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. *Restoration Ecology (Segunda Ed, Vol. 27, Issue S1)*.

Garcia Bravo, M. B. (2023). Comportamiento de las especies forestales nativas reintroducidas para la restauración ecológica en un bosque secundario, caserío San Juan, región San Martín.

González, F. D. M. (2018). *Reintroducción de especies nativas de dos grupos funcionales en sitios con degradación severa de La Payunia de Neuquén, Argentina* (Bachelor's thesis, Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias del ambiente y la Salud.).

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mcgraw-hill.

Hobbs, R. J., & Harris, J. A. (2001). Restoration ecology: Repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, *9*(2), 239-246. https://doi.org/10.1046/j.1526-100.2001.009002239.

Hobbs, R. J., Hallett, L. M., Ehrlich, P. R., & Mooney, H. A. (2009). Intervention ecology: Applying ecological science in the twenty-first century. *BioScience*, *59*(6), 514-516. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.6.6

Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida* (No. 83). IICA Biblioteca Venezuela.

Holl, K. D., & Aide, T. M. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, *261*(10), 1558-1563. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.004

Julián, C. (2020). Restauración ecológica de praderas altoandinas para la mejora de las pasturas naturales en el sector Apas, Huancaya, Yauyos (Tesis de pregrado). Universidad Católica Sedes Sapiens.

Kaufmann, M. R. (1994). *An ecological basis for ecosystem management* (Vol. 246). The Station.

Lepš, J., Osbornová-Kosinová, J., & Rejmánek, M. (1982). Community stability, complexity and species life history strategies. *Vegetatio*, *50*, 53-63.

Linares-Luján, A. M., & Parejo-Moruno, F. M. (2015). Estatura y esperanza de vida: una propuesta de revisión de las series antropométricas españolas a partir de una medida alternativa de sobrevivencia. *DT-AEHE*, *1506*, 1-36.

Loayza Armijos, D. C. (2024). *Siembra directa de Diplostephium ericoides y Chuquiraga jussieui en el páramo del Sur del Ecuador enfocado a la restauración ecológica* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

Martínez Calderón, V. M. (2023). Restauración de ecosistemas forestales de bosque templado en el Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México.

Martín-López, B., González, J. A., & Montes, C. (2007). The pitfall-trap of species conservation priority setting. *Biodiversity and Conservation*, 16(2), 492-507. https://doi.org/10.1007/s10531-005-0204-3

Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E., & Guariguata, M. R. (2018). *La restauración de ecosistemas terrestres en México: Estado actual, necesidades y oportunidades* (Vol. 185). CIFOR.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2025). Restauración. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Recuperado el [18 de febrero, 2025] de: https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/restauracion-2/

Moore, J. C., & Brodie, J. F. (2023). Diversity, taxonomic versus functional. https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=4L30rrQAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=4L30rrQAAAAJ:U_HPUtbDl20C

Murcia, C., & Guariguata, M. R. (2014). *La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades y oportunidades* (Vol. 107). Cifor.

Odum, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science, 164*(3877), 262-270. https://doi.org/10.1126/science.164.3877.262

Ospina, O. L., Vanegas, S., Escobar, G. A., Ramírez, W., & Sánchez, J. J. (2015). Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá*.

Paredes Cubas, W. F. (2024). Caracterización de rasgos funcionales de especies leñosas con fines de restauración ecológica en bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú.

Pickett, S. T., Collins, S. L., & Armesto, J. J. (1987). Models, mechanisms and pathways of succession. *The Botanical Review*, *53*(3), 335-371. https://doi.org/10.1007/BF02858321

Puerta, R. H. (2007). *Modelo digital de elevación del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María–Perú* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Repositorio Institucional UNAS. https://repositorio.unas.edu.pe/items/80678075-47e5-4b29-810f-36a8897de5b4

Puerta, R., & Cárdenas, P. (2012). El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). *Xilema*, *25*, 18-21.

Rojas Zamora, Ó. A. (2013). *Reubicación de plantas para el enriquecimiento con especies nativas en la restauración ecológica de áreas potrerizadas de páramo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia)* (Doctoral dissertation).

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

SENAMHI. (2025). Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones

SER. (2004). International Science & Policy Working Group. *Principios de SER International sobre la Restauración Ecológica*. Society for Ecological Restoration. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf

SERFOR. (2018). *Lineamientos para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre*. Ministerio de Agricultura y Riego. https://www.gob.pe/institucion/serfor/informes-publicaciones/1124184-lineamientos-

para-la-restauracion-de-ecosistemas-forestales-y-otros-ecosistemas-de-vegetacion-silvestre

SERFOR (2021). Estrategia Nacional de Ecosistemas y Tierras Forestales Degradadas (prorest) periodo 2021-2030. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estrategia-nacional-restauracion-ecosistemas-tierras-forestales

Sierraalta, D., Cáceres, A., Hernández Valencia, I., Gajardo, R., Cáceres-Mago, K., & Rodríguez, A. (2021). Efecto de la revegetación con la especie nativa Piscidia carthagenensis Jacq. sobre la calidad del suelo en un matorral xerófito intervenido para la extracción de arena. *Multequina*, *30*(2), 143-156.

Stanturf, J. A., van Oosten, C., & Madsen, P. (2017). *Forest landscape restoration: Integrating natural and social sciences*. Springer.

Torres, R. C., Giorgis, M., Trillo, C., Volkmann, L., Demaio, P., Heredia, J., & Renison, D. (2015). Supervivencia y crecimiento de especies con distinta estrategia de vida en plantaciones de áreas quemadas y no quemadas: un estudio de caso con dos especies leñosas en el Chaco Serrano, Argentina. *Ecología austral*, *25*(2), 135-143.

Trinidad Sumaran, J. J. (2020). Comportamiento de especies forestales en grupos funcionales con fines de restauración ecológica en un cafetal abandonado, caserío San Juan, región San Martín.

Vargas, O. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. *Universidad Nacional de Colombia. Bogotá*.

Violle, C., Navas, M. L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882-892. https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x

ANEXOS

Anexo A. Formatos para recolección de datos de campo.

Apéndice 1. Formato de recolección para parcelas cuadradas.

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE PARCELAS CUADRADAS							
Evaluador:			**Fecha de evaluación:**			**N° de evaluación:**	
N° Parcela	**N° especie**	**Especie**	**Altura (cm)**	**Diámetro (cm)**	**Estado**		**Observaciones**
					Vivo	**Muerto**	

Apéndice 2. Formato de recolección para parcelas circulares.

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE PARCELAS CIRCULARES							
Evaluador:			**Fecha de evaluación:**			**N° de evaluación:**	
N° Parcela	**N° especie**	**Especie**	**Altura (cm)**	**Diámetro (cm)**	**Estado**		**Observaciones**
					Vivo	**Muerto**	

Anexo B. Panel fotográfico.

Figura 30. Verificación de tesis.

Figura 31. Instalación de *C. cateniformis*.

Figura 32. Evaluación de diámetro de *C. cateniformis*.

Figura 33. Evaluación de altura de *G. americana*.