EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y DESARROLLLO DE LA ESPECIE *POLYLEPIS QUADRIJUGA*, EN TRES TRATAMIENTOS CON FITOHORMONAS EN VIVERO DE ALTA MONTAÑA DEL PARQUE NACIONAL PISBA

LAURA NATALIA CASTELLANOS ARDILA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN

PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C. 2024

EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y DESARROLLLO DE LA ESPECIE *POLYLEPIS QUADRIJUGA*, EN TRES TRATAMIENTOS CON FITOHORMONAS EN VIVERO DE ALTA MONTAÑA DEL PARQUE NACIONAL PISBA

LAURA NATALIA CASTELLANOS ARDILA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

Director

GUSTAVO GIRALDO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN

PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

BOGOTÁ D.C. 2024

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la salud y fortaleza para llevar a cabo este trabajo.

Agradezco profundamente al Parque Nacional Pisba por proporcionarnos el espacio y las condiciones necesarias para la ejecución de este estudio.

Al profesor Gustavo Giraldo, por su invaluable guía, consejos y paciencia durante todo el proceso de investigación. Su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo y éxito de este estudio.

Extiendo mi agradecimiento a Universidad Distrital Francisco José de Caldas por su apoyo académico y administrativo. A los técnicos y personal del vivero, por su colaboración en la implementación de los tratamientos y el seguimiento de las plantas.

A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y motivación constante. Sin su apoyo, esto no habría sido posible. Especialmente a mi hermana cielo por sus valiosos comentarios y su inquebrantable fe en mí. Sus observaciones y sugerencias mejoraron significativamente la calidad de este trabajo, y su apoyo emocional me proporcionó la fortaleza necesaria para completar este proyecto.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al éxito de este trabajo. A todos ustedes, ¡muchas gracias!

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 9
1. PLANTEAMIENTO 11
1.1 JUSTIFICACIÓN 13
1.2 OBJETIVOS 15
2. ANTECEDENTES 16
3. MARCO TEÓRICO 22
3.1 Morfología de *Polylepis quadrijuga.* 22
3.2 Fitohormonas 22
3.2.1 Kinetina 22
3.2.2 Acido Naftalenacetico 23
3.2.3 Acido Giberelico: 23
3.2.4 Extracto de lenteja 23
3.3 Reproducción: 24
3.3.1 Sexual 24
3.3.2 Asexual 24
4. METODOLOGÍA 26
4.1 Área de estudio. 26
4.1.2. Fases Metodológicas 27
4.1.3. Diseño experimental. 27
4.1.4 Tratamientos para semillas. 29
4.1.5 Tratamientos para estacas. 29
4.1.6. Variables del estudio. 32
4.3.1 FASE DE CAMPO 32
4.3.1.1 Bosque de referencia. 33
4.3.2 Caracterización de material reproductivo. 33
4.3.2.1 Semillas de *Polylepis quadrijuga.* 34
4.3.2.2 Ramas de *Polylepis quadrijuga.* 34
4.4 FASE DE VIVERO. 35
4.4.1 Selección de estacas 35

4.4.1.1 Modelos de corte de estacas utilizados. 35
4.4.1.1.1 Modelo 1. 36
4.4.1.1.2 Modelo 2. 36
4.4.2 Selección de las semillas. 37
4.4.2.1 Tratamiento pregerminativo semillas 37
4.5. FASE DE MONTAJE DE LOS ENSAYOS 37
4.5.1 Establecimiento de la cama de siembra estacas 37
4.5.2 Montaje de los ensayos 1 Semillas. 40
4.5.2.1 Establecimiento de las bandejas de germinación. 40
4.5.1.2 Establecimiento de la cama de germinación del ensayo 2 Semillas 41
4.6 FASE DE APLICACION DE TRATAMIENTOS. 43
4.6.1 Tratamientos para Estacas. 43
4.6.2.1 Tratamiento con Kinetina para los ensayos. 43
4.6.2.1.1Tratamiento con ácido naftalenacetico para los ensayos. 43
4.6.2.1.1.1 Tratamiento con ácido giberélico Ensayo #2. 44
4.6.3 Preparación del volumen de aplicación de fitohormonas para estacas. 44
4.7 Tratamientos para semillas. 44
4.7.1 Tratamiento con Kinetina para semillas. 44
4.7.1.1 Tratamiento con ácido naftalenacetico para semillas 45
4.7.2 Tratamiento con agua de lenteja para los ensayos (Estacas y semillas). 45
4.7.3 Preparación del volumen de aplicación de fitohormonas para semillas. 46
4.7.4 Frecuencia de Aplicación de las fitohormonas ensayo #1. 46
4.7.5 Frecuencia de Aplicación de las fitohormonas ensayo #2. 46
4.8 Fase de seguimiento 47
4.9 Fase de análisis. 47
4.9.1 Estadística. 47
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS. 50
5.1 Descripción general de plántulas de *Polylepis quadrijuga.* 50
5.2 Resultados ensayo 1 y 2 semillas. 53
5.2.1 Porcentaje de germinación ensayo 1 y 2. 53
5.2.2 Altura del hipocótilo 55
5.2.3 Diámetro del hipocótilo ensayo 2. 57
5.2.4 Longitud raíz. 57
5.2.5 Numero de hojas y ramificaciones. 58
5.3 Resultados ensayo 1 y 2 Estacas. 59

5.3.1 Porcentaje de Prendimiento. 59
5.3.2 Supervivencia hojas. 60
5.3.3 Longitud raíz. 64
5.3.4 Numero de Estacas con primordios radiculares ensayo 2. 68
5.3.5 Tratamientos con primordios radiculares. 68
6. CONCLUSIONES. 71
7. RECOMENDACIONES 73
8. BIBLIOGRAFÍA. 75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los tratamientos empleados para los ensayos 1 y 2 semilla.

Tabla 2 Descripción de los tratamientos empleados para los ensayos 1 y 2 estacas**.**

Tabla 3 Número de unidades experimentales empleados ensayos 1 y 2

Tabla 4. Frecuencia de aplicación de los tratamientos en semillas para el ensayo 1

Tabla 5. Frecuencia de aplicación de los tratamientos en semillas para el ensayo 2

Tabla 6. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento LS2

Tabla 7. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento LS3

Tabla 8. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento KS2

Tabla 9. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento AS3

Tabla 10. Plántulas de *P. quadrijuga* control

Tabla 11. Estaca con raíz desarrollada bajo el tratamiento LE2 ensayo 1

Tabla 12. Estaca con raíz bajo el tratamiento LE2 ensayo 1

Tabla 13. Estacas con raíz bajo el tratamiento LE2 ensayo 2

Tabla 14. Estacas con raíz bajo el tratamiento AG ensayo 2

Tabla 15. Estacas con primordios radiculares bajo el tratamiento LE2 ensayo 2

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Natural Pisba.

Figura 2. Metodología empleada para la realización de los ensayos

Figura 3. Distribución de las unidades experimentales y los tratamientos

Figura 4. Bosque de referencia P. quadrijuga, cerca al vivero de alta montaña.

Figura 5. Modelo del corte de estacas empleado en el ensayo 1.

Figura 6. Modelo del corte de estacas empleado en el ensayo 2.

Figura 7. Diseño de la cama de siembra para del ensayo de estacas.

Figura 8. Diseño del montaje de los tratamientos empleados en el ensayo 1.

Figura 9. Diseño de los tratamientos empleados en el ensayo 2.

Figura 10. Diseño de los tratamientos en bandejas de germinación para el ensayo 1**.**

Figura 11. Diseño de los tratamientos empleados en el ensayo 2 en la cama de siembra.

Figura 12. Grafica de torta de porcentaje de germinación en semillas para los ensayos 1 y 2.

Figura 13. Prueba chi cuadrado para supervivencia de las semillas.

Figura 14. Longitud del hipocótilo (hojas verdaderas).

Figura 15. Grosor del tallo.

Figura 16. Longitud del sistema radicular.

Figura 17. Número de hojas y ramificaciones de las plántulas de P. quadrijuga.

Figura 18. Grafica de torta porcentaje de prendimiento en estacas ensayo 1 y 2.

Figura 19. Supervivencia de hojas en estacas bajo los tratamientos ensayo 1.

Figura 20. Supervivencia de hojas en estacas bajo los tratamientos del ensayo 2.

Figura 21. ANOVA supervivencia de estacas ensayo1 DBCA contando el control.

Figura 22. ANOVA supervivencia de estacas ensayo 2 DBCA contando el control**.**

figura 23. ANOVA supervivencia de estacas ensayo1 DBCA quitando el control.

Figura 24. ANOVA supervivencia de estacas ensayo 2 DBCA quitando el control el control.

Figura 25. Longitud de la raíz en estacas del ensayo 1 y 2.

Figura 26. Número de primordios radiculares por tratamiento ensayo 2.

Figura 27. Número de estacas con primordios radiculares ensayo 2.

INTRODUCCIÓN

El estudio se realizó en el departamento de Boyacá, concretamente en el municipio de Socha, Colombia. El Parque Nacional Natural Pisba está ubicado en la Cordillera Oriental de los Andes y es reconocido por sus ecosistemas de páramo, bosques andinos y su diversidad de flora y fauna. Además, tiene una importancia histórica y cultural notable, ya que fue una ruta utilizada por Simón Bolívar durante la Campaña Libertadora.

El Parque Nacional Natural Pisba enfrenta diversas afectaciones que comprometen su conservación y biodiversidad. Entre estos problemas se destacan la tala ilegal de árboles, la minería, la fragmentación del hábitat y los efectos del cambio climático, como el aumento de temperaturas y los patrones de precipitación alterados. Ante estos desafíos, se han implementado estrategias para mitigar sus impactos a nivel del ecosistema, siendo la restauración ecológica una de las principales. Esta estrategia busca recuperar, rehabilitar y mejorar los ecosistemas degradados o dañados.

Uno de los objetivos centrales de la restauración ecológica es aumentar el número de individuos utilizados en la propagación vegetal, especialmente aquellos que muestran bajas tasas de desarrollo debido a factores climáticos, fisiológicos o genéticos. Este enfoque no solo pretende incrementar la disponibilidad de plantas, sino también fortalecer la diversidad genética e incrementar el número de las poblaciones vegetales. Como es el caso de la especie Polylepis *quadrijuga*, cuyas poblaciones han disminuido considerablemente debido a presiones tanto ambientales como humanas.

El desarrollo de metodologías para mejorar las tasas de crecimiento y desarrollo mediante tratamientos con fitohormonas en semillas y estacas se presenta como una estrategia clave en la restauración ecológica. Estas técnicas permiten identificar las condiciones más favorables para el desarrollo de la especie y cómo implementarlas en futuros procesos de propagación.

Además, optimizan los esfuerzos de recuperación de ecosistemas afectados. Al mejorar la eficiencia en la reproducción de especies clave como *Polylepis quadrijuga*, se facilita la recuperación de áreas degradadas, se promueve la biodiversidad y se refuerza la resiliencia de los ecosistemas ante el cambio climático.

1. PLANTEAMIENTO

El género *Polylepis* comprende algunas especies de árboles y arbustos, que se distribuyen a lo largo de ecosistemas de alta montaña. En Colombia, en el departamento de Boyacá habita este género y tiene una gran importancia a nivel ecosistémico con su capacidad de retener el agua y sirviendo de hábitat de muchas especies de aves endémicas de la zona, controlando la erosión y regulando el microclima.

Una de las principales estrategias para aumentar la población de Polylepis, también conocido como queñua, es la propagación vegetal. Este proceso permite la producción de nuevas plantas a partir de diversas fuentes, incluyendo semillas, esquejes, injertos y otros métodos vegetativos. La propagación vegetal es fundamental tanto en la naturaleza como en la agricultura y la restauración ecológica para la reproducción y el mantenimiento de las especies vegetales. Sin embargo, enfrenta múltiples dificultades que afectan directamente los esfuerzos de restauración de ecosistemas. Una de las principales barreras es la baja tasa de germinación de muchas especies, influenciada por la calidad de las semillas, las condiciones del suelo y el clima. Además, la competencia con especies invasoras y la depredación por herbívoros pueden limitar el establecimiento y crecimiento de las plántulas. La disponibilidad de recursos hídricos y nutrientes es crucial, ya que las plantas jóvenes son particularmente vulnerables a las condiciones ambientales adversas.

El presente trabajo busca indagar cual es el tratamiento con hormonas vegetales más efectivo para la propagación de la especie *Polylepis quadrijuga* bajo las metodologías de siembra en vivero para semillas y estacas. Esto con el fin contribuir al desarrollo de nuevos métodos de propagación implementados restauración ecológica y los esfuerzos de reforestación, permitiendo la recuperación de áreas degradadas y la conservación de estos ecosistemas. De acuerdo con lo anterior, la presente investigación dará respuesta a la siguiente pregunta: ¿La

aplicación de fitohormonas podría contribuir a una mayor tasa de crecimiento y desarrollo de *Polylepis quadrijuga* mejorando métodos de propagación vegetal?

1.1 JUSTIFICACIÓN

> Desde la época precolombina, los bosques de *Polylepis* han sufrido una intensa intervención y fragmentación debido a las actividades humanas, lo que ha resultado en una pérdida de entre el 70 y el 90% de su cobertura original en la Cordillera Oriental de Colombia". En consecuencia, es uno de los ecosistemas más afectados de las zonas altoandinas. Entre las posibles causas de la disminución de las poblaciones de bosques de *Polylepis* son: expansión de la frontera agrícola, la tala y el uso para leña, el reemplazo o la invasión por especies exóticas, el cambio climático, la minería, la expansión de carreteras y las prácticas ganaderas. (Cuyckens et al 2018, p 164)

Los individuos de este género usualmente son especies endémicas de los ecosistemas Andinos de alta montaña. Este género tiene la capacidad de adaptarse a entornos con condiciones difíciles, como lo son la altitud, las bajas temperaturas, y suelos pobres en nutrientes. Los bosques de *Polylepis* son esenciales para mantener la calidad del agua, ayudan a regular el clima local y mitigan los efectos del cambio climático. Por lo tanto, desarrollar un método para aumentar su población, es una medida fundamental para proteger la riqueza natural y promover la sostenibilidad ambiental en las regiones.

La presente investigación se centra en evaluar el impacto de diferentes fitohormonas en el crecimiento y desarrollo de *Polylepis quadrijuga*. La aplicación de estas hormonas podría mejorar significativamente las tasas de germinación y desarrollo, lo cual es esencial para el desarrollo de metodologías de propagación en la especie y contribuir optimizar procesos de restauración ecológica.

La labor que desempeña el Parque Nacional Natural de Pisba es importante, porque ayuda a preservar una diversidad biológica única como es el caso de *Polylepis quadrijuga*. Sus esfuerzos de conservación contribuyen a mantener el equilibrio de los ecosistemas, garantizar

la disponibilidad de agua y promover la conciencia ambiental, beneficiando tanto a la naturaleza como a las comunidades locales.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar tasas de crecimiento y desarrollo en el *Polylepis quadrijuga* bajo tres tratamientos con fitohormonas (Kinetina, Acido naftalenacetico y extractó de agua de lentejas).

Objetivos específicos

- Definir las características del material reproductivo mediante el análisis de parámetros físicos del material vegetativo.

- Comparar el efecto de las fitohormonas (Kinetina, Acido naftalenacetico, extracto agua de lentejas y ácido giberélico) en el desarrollo de *Polylepis quadrijuga.*

- Describir el porcentaje de desarrollo de estacas y semillas *Polylepis quadrijuga* en cama de siembra y cama de germinación

2. ANTECEDENTES

-Para la especie *Polylepis besseri,* se realizó un estudio por Espejo (2015) en el vivero de la comunidad de Huancané, municipio de Batallas, departamento de La Paz, Bolivia. El estudio consistió en la propagación vegetativa utilizando dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos. Se emplearon 500 esquejes distribuidos en 6 tratamientos. Los enraizadores utilizados fueron agua de coco y extracto de sauce, mientras que los sustratos incluyeron turba, cascarilla de arroz y arena en diferentes proporciones.

Los esquejes se colocaron en bandejas separadas según el tipo de enraizador (agua de coco y extracto de sauce), sumergiendo los tallos a 5 cm de la solución para que recubrieran los "chichones" de la parte basal, dejándolos reposar en los enraizadores durante 24 horas. Los resultados del estudio indicaron que el tratamiento con extracto de sauce mostró un mayor efecto en el porcentaje de prendimiento con un 52.22%, en comparación con el agua de coco que logró un 40.00% de prendimiento.

-Quispe (2013) llevó a cabo un estudio en el vivero forestal del Gobierno Autónomo Municipal de El Alto, en el departamento de La Paz, Bolivia. La investigación se centró en evaluar la eficiencia de cuatro enraizadores y dos longitudes de corte para la propagación de Queñua, específicamente *Polylepis racemosa subsp. triacontandra.* para el estudio, se recolectaron 360 esquejes, distribuidos en tres repeticiones. Se midieron las siguientes variables: porcentaje de prendimiento a los 30 días, número de brotes a los 60 y 120 días, crecimiento a los 60 y 120 días, longitud y volumen de raíz, y porcentaje de supervivencia a los 120 días.

Se utilizaron dos enraizadores químicos, Parque y Rapid Root, y dos enraizadores orgánicos, germinado de lenteja y agua de coco. Los resultados principales indicaron que los esquejes de 15 cm de longitud lograron mejores resultados en cuanto a prendimiento, longitud y volumen

de raíz, así como en supervivencia. Por su parte, los esquejes de 30 cm de longitud presentaron un mayor número de brotes. Además, tanto los enraizadores químicos como los orgánicos resultaron ser más efectivos que el grupo de esquejes sin enraizador.

-Vargas (2017) realizó un estudio en San Juan de Agojirica, Región Huánuco, Perú, para evaluar dos métodos de propagación vegetativa en dos tipos de sustratos con la especie *Polylepis racemosa.* El estudio se centró en el uso de esquejes y estacas junto con dos tipos de sustratos: compost y tierra agrícola. Se establecieron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, totalizando 16 unidades experimentales. Se evaluaron diversos parámetros relacionados con el enraizamiento de *Polylepis racemosa*, tales como el diámetro de la base del tallo, la altura de la planta, el número de raíces, la longitud de la raíz mayor, el peso de la raíz, el volumen de la raíz y el porcentaje de enraizamiento.

Los resultados mostraron que el método de propagación vegetativa por esquejes (T1) y el uso de compost como sustrato (S1) tuvieron un efecto significativo en el enraizamiento de *Polylepis racemosa.* La combinación del sustrato compost (S1) con la propagación por esquejes (T1) obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento, con un promedio del 92.46%.

-Vásquez (2019) realizó un estudio en la comunidad campesina de Llihuarí, en la región de Huánuco, Perú, con el objetivo de evaluar enraizadores naturales y sintéticos en la propagación vegetativa de las especies *Polylepis pauta* y *Polylepis incana.* Para este estudio se emplearon 240 individuos de cada especie, totalizando 480. Se implementaron 12 tratamientos, 6 para *Polylepis incana* y 6 para *Polylepis pauta.* Los tratamientos incluyeron té de estiércol, extracto de sauce, agua de coco, Root-Hor, Radix y un grupo de control. A cada tratamiento se le asignaron 20 individuos, divididos en dos grupos de 10: uno para la evaluación vegetativa y otro para la evaluación radicular.

Los resultados del estudio mostraron que el té de estiércol de vacuno fue el tratamiento más efectivo, con un 83.33% de prendimiento, seguido por Root-Hor con un 81.67%. Además, se observó que la especie *Polylepis incana* presentó un mejor desempeño en el prendimiento, alcanzando un 71.22% de éxito con el enraizador natural té de estiércol.

-El estudio de Yana (2021) evaluó el efecto de dos fitohormonas en la propagación vegetativa de la queñua (*Polylepis tomentella* W.). La investigación se desarrolló en el vivero forestal Alto Huenque, en el Centro Poblado Rosario de Sorapa, región Puno. Se utilizaron 108 estacas, distribuidas en 36 por cada una de las tres secciones de la rama: basal, media y apical.

Las estacas fueron tratadas con dos tipos de fitohormonas enraizantes. El extracto de sauce, una fitohormona orgánica, se aplicó sumergiendo los 5 cm del extremo basal de los esquejes en la solución preparada durante 24 horas. En contraste, la fitohormona química AIB Rapid Root se aplicó directamente en polvo (cubriendo aproximadamente 2 a 4 cm) en las tres secciones de la rama.

El tratamiento más efectivo fue el T7 (fitohormona química aplicada a esquejes de la sección basal), que alcanzó un 90% de rentabilidad. Por otro lado, el tratamiento menos efectivo fue el T3 (sin fitohormona enraizante aplicado a esquejes de la sección apical), con solo un 17% de rentabilidad. Estos hallazgos subrayan que la aplicación de fitohormonas enraizantes tiene un impacto significativo en el porcentaje de establecimiento de esquejes de queñua en el vivero forestal.

-(Quispe Mendoza 2021) realizó un estudio en la provincia de Huarochirí, distrito de Carampoma, Ecuador, para investigar la propagación vegetativa de la especie *Polylepis incana* utilizando enraizadores naturales. El estudio se basó en una población de 800 esquejes de queñua, distribuidos en 50 esquejes por tratamiento y 200 esquejes por repetición. Los

tratamientos evaluados incluyeron extracto de sauce, extracto de coco, té de estiércol y el producto químico Root-Hor.

Los resultados indicaron que el tratamiento T-4, que utilizó Root-Hor, fue el más efectivo en la propagación vegetativa de esquejes de queñua en términos de número de brotes y altura. Hubo diferencias significativas entre los tratamientos, lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula. El tratamiento T-1 (extracto de sauce) logró un porcentaje de enraizamiento del 80%, seguido por T-3 (té de estiércol) con un 79%, T-4 (Root-Hor) con un 72.5% y, finalmente, T-2 (extracto de coco) con un 71.5%.

-El estudio de la especie *Polylepis quadrijuga* se llevó a cabo en el departamento de Boyacá, específicamente en el vivero de alta montaña del Santuario de Flora y Fauna Guanentá Alto Río Fonce, realizado por Moreno González et al (2022). Se emplearon diferentes sustratos compuestos por tierra negra, cascarilla y arena, distribuidos en 8 tratamientos y un grupo de control, cada uno con tres repeticiones de 5 esquejes, resultando en quince esquejes por ensayo y un total de ciento treinta y cinco esquejes.

Los resultados destacaron que el tratamiento T7, que consistió en una proporción 1:1 de tierra y arena con la aplicación de auxinas comerciales, mostró el mayor porcentaje de enraizamiento con un 60%, posicionándose como el tratamiento más exitoso del estudio.

En cuanto a las estrategias de conservación implementadas por entidades gubernamentales, como Parques Nacionales Naturales de Colombia, especialmente el PNN Pisba, su plan de manejo del 2020 al 2025, se enfoca en proteger especies esenciales para el equilibrio de los ecosistemas. Estas estrategias son cruciales para mantener la biodiversidad y asegurar la salud y funcionalidad de los ecosistemas a largo plazo.

Entre las especies protegidas se encuentra el oso andino, una especie clave en los ecosistemas montañosos de los Andes. El oso andino actúa como una especie sombrilla, lo que significa que su conservación ayuda a proteger muchas otras especies que comparten su hábitat. Al mantener y restaurar los hábitats del oso andino, se crea un efecto de protección para una amplia gama de flora y fauna, contribuyendo así a la biodiversidad general de la región. (Guio et al 2020).

Además del oso andino, el plan de manejo incluye la protección de venados, anfibios y plantas endémicas y amenazadas. Entre las plantas destacadas en el plan de conservación se encuentran los frailejones *(Espeletia sp*.), que son cruciales para los ecosistemas de páramo. Los frailejones contribuyen significativamente a la captura de agua y la formación de suelos, siendo esenciales para el mantenimiento del ciclo hidrológico en las altas montañas.

Asimismo, Guio et al (2020) resalta que el género *Polylepis*, que incluye especies de árboles enanos adaptados a los páramos andinos, es de particular importancia. *Polylepis quadrijuga* desempeña un papel crucial en la regulación hídrica, ayudando a mantener las fuentes de agua que abastecen a numerosas comunidades humanas y ecosistemas. Además, estos árboles proporcionan hábitat y refugio para diversas especies de aves y otros organismos, muchos de los cuales son endémicos y dependen de estos bosques para su supervivencia.

Las estrategias de conservación no solo se enfocan en la protección de estas especies, sino también en la restauración de sus hábitats y la promoción de prácticas sostenibles que minimicen el impacto humano. Esto incluye la creación y mantenimiento de áreas protegidas, la reforestación con especies nativas, la implementación de programas de educación ambiental y la colaboración con comunidades locales para fomentar la conservación participativa y el uso sostenible de los recursos naturales.

Estas acciones son esenciales para garantizar la persistencia de los ecosistemas andinos y sus servicios ambientales, promoviendo un equilibrio entre la conservación de la biodiversidad y el desarrollo humano sostenible.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Morfología de *Polylepis quadrijuga.*

Polylepis quadrijuga, conocido en Colombia como “Siete Cueros” o “Colorado” “coloradito”, “mil hojas”, “sangre de toro”, según (Jardín Botánico Eloy Valenzuela. 2018).es una Rosacea nativa de la Cordillera Oriental Colombiana, con su hábitat natural en páramos entre 2,800 y 4,500 m., siendo la especie arbórea que prospera a mayor altitud en esta cordillera. Se caracteriza por tener una corteza rojiza laminada, hojas pequeñas, gruesas y cubiertas por resinas, flores pequeñas en racimo y un tronco retorcido son algunas de las características morfológicas utilizadas para su identificación taxonómica Arellano et al (2007).

> “Las hojas son pequeñas y compuestas, imparipinnadas, y tienen entre 3 y 9 folíolos. Las flores, hermafroditas, son inconspicuas y dispuestas en racimos. Los frutos son aquenios duros con tres alas. Las flores son polinizadas principalmente por el viento (anemofilia), lo cual se considera un evento evolutivo relevante en la adaptación a las tierras altas, donde los insectos son más escasos en relación con lugares de climas cálidos y de menor altitud. (Cuyckens et al 2018, p 165)

3.2 Fitohormonas

Las fitohormonas, o hormonas vegetales, son sustancias químicas generadas por las plantas que controlan su crecimiento, desarrollo y reacción a los estímulos del entorno. Estas hormonas son fundamentales en varios procesos fisiológicos de las plantas, como la germinación de semillas, la floración, la maduración de frutos, la respuesta al estrés ambiental, y la formación de raíces y brotes, entre otros. (Tovar 2022; Bottini 2017; Calle 2012).

3.2.1 Kinetina:

La Kinetina, una fitohormona del grupo de las citoquininas es esencial para regular el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estudios han demostrado que la Kinetina estimula la división celular, la diferenciación de tejidos y la formación de brotes laterales. Además, esta hormona vegetal puede afectar la senescencia de las hojas y la respuesta de las plantas al estrés abiótico. (Bottini 2017; Vidal 2014; Castro et al 2023).

3.2.2 Acido Naftalenacetico:

El ácido naftalenacético (NAA) es una fitohormona del grupo de las auxinas, vital para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En horticultura y agricultura, el NAA se usa frecuentemente para fomentar el enraizamiento de esquejes, estimular el crecimiento de frutos sin semillas, controlar la caída prematura de frutos y hojas, y mejorar la formación de flores. Además, el NAA puede afectar la elongación celular, la diferenciación de tejidos y la respuesta de las plantas a factores ambientales como la luz y la gravedad. (Pedroza Manrique et al 2008; Zegarra 2014).

3.2.3 Acido Giberelico:

Para (Bottini 2017) el ácido giberélico (GA) es una fitohormona del grupo de las giberelinas que juega un papel crucial en el crecimiento de las plantas. Las giberelinas, incluyendo el ácido giberélico, controlan diversos procesos fisiológicos como la germinación de semillas, el crecimiento de tallos, la elongación celular, la floración y la maduración de frutos. Además, se ha comprobado que el ácido giberélico puede afectar la respuesta de las plantas a condiciones de estrés abiótico como el estrés hídrico, y también puede mejorar la calidad de los cultivos, como se observa en la vinificación. En resumen, el ácido giberélico es una fitohormona esencial para regular el desarrollo y crecimiento de las plantas, y su aplicación puede tener efectos positivos en la producción agrícola. Calle (2012)

3.2.4 Extracto de lenteja:

Según (Yana 2021; Torres 2017), el enraizador orgánico derivado de la germinación de lentejas y la trituración de sus radículas con el agua de remojo es completamente no tóxico. Se aconseja sumergir la parte basal de los esquejes en el extracto durante un período de 24 horas antes de trasplantarlos a la maceta.

3.3 Reproducción:

3.3.1 Sexual

> La nueva generación se forma mediante la "fusión de dos gametos haploides de diferente sexo, resultando en una nueva célula llamada huevo o cigoto, que puede desarrollarse en una nueva planta". En este proceso, el nuevo organismo posee una constitución genética propia, distinta a la de sus progenitores. En las plantas superiores, la producción de gametos implica la formación de órganos reproductores especializados como las flores. (Valenzuela 2014, p 10)

Reproducción del género *Polylepis*: Semillas: Dependiendo de la época de recolección, madurez fisiológica, ambiente adecuado y riego, *Polylepis* presenta un porcentaje de germinación entre el 5% y el 15%.

Debido a la adaptación particular de esta especie, la floración ocurre en la temporada fría y seca, mientras que la fructificación se da en condiciones más húmedas y favorables. Sin embargo, los frutos pueden permanecer adheridos al árbol por más de un año, lo que resulta en una mezcla de frutos nuevos y antiguos al momento de la recolección de semillas. Espejo (2015).

3.3.2 Asexual

> La propagación vegetativa asexual es la multiplicación de una planta a partir de una célula, tejido u órgano (raíces, tallos, ramas, hojas).Esto es

> posible porque las células vegetales tienen la capacidad de generar toda la estructura de la planta. Esta capacidad se debe a la totipotencia, o sea, cada célula vegetal viva contiene la información genética necesaria para reconstituir todas las partes y funciones de la planta mediante la reproducción somática, basada solo en la mitosis. Además, la desdiferenciación permite que las células maduras vuelvan a una condición meristemática y desarrollen nuevos puntos de crecimiento.(Valenzuela 2014 p 11)

3.3.3 Propagación por estacas

En la propagación por estacas, una parte del tallo, raíz o hoja se separa de la planta madre, se coloca bajo condiciones ambientales favorables y se induce a formar raíces y tallos, produciendo así una nueva planta independiente. En la mayoría de los casos, esta nueva planta es idéntica a la planta de la que procede. Generalmente, se utilizan segmentos de ramas con yemas terminales o laterales, y al colocarlas en condiciones adecuadas, producen raíces adventicias y, como resultado, plantas independientes. Espejo (2015).

4. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio.

Parque Nacional Natural Pisba

El Parque Nacional Natural Pisba se encuentra en la Cordillera Oriental. La región es una de las áreas terrestres más prioritarias para la conservación de la biodiversidad global, principalmente por su notable riqueza en especies de fauna y flora. Esta riqueza se refleja en el elevado grado de endemismo y en la considerable cantidad de taxones que están amenazados. (Guio et al 2020). El PNN Pisba se ubica en el costado oriental de la Cordillera Oriental entre los 1.850 y 3.800 m.s.n.m.

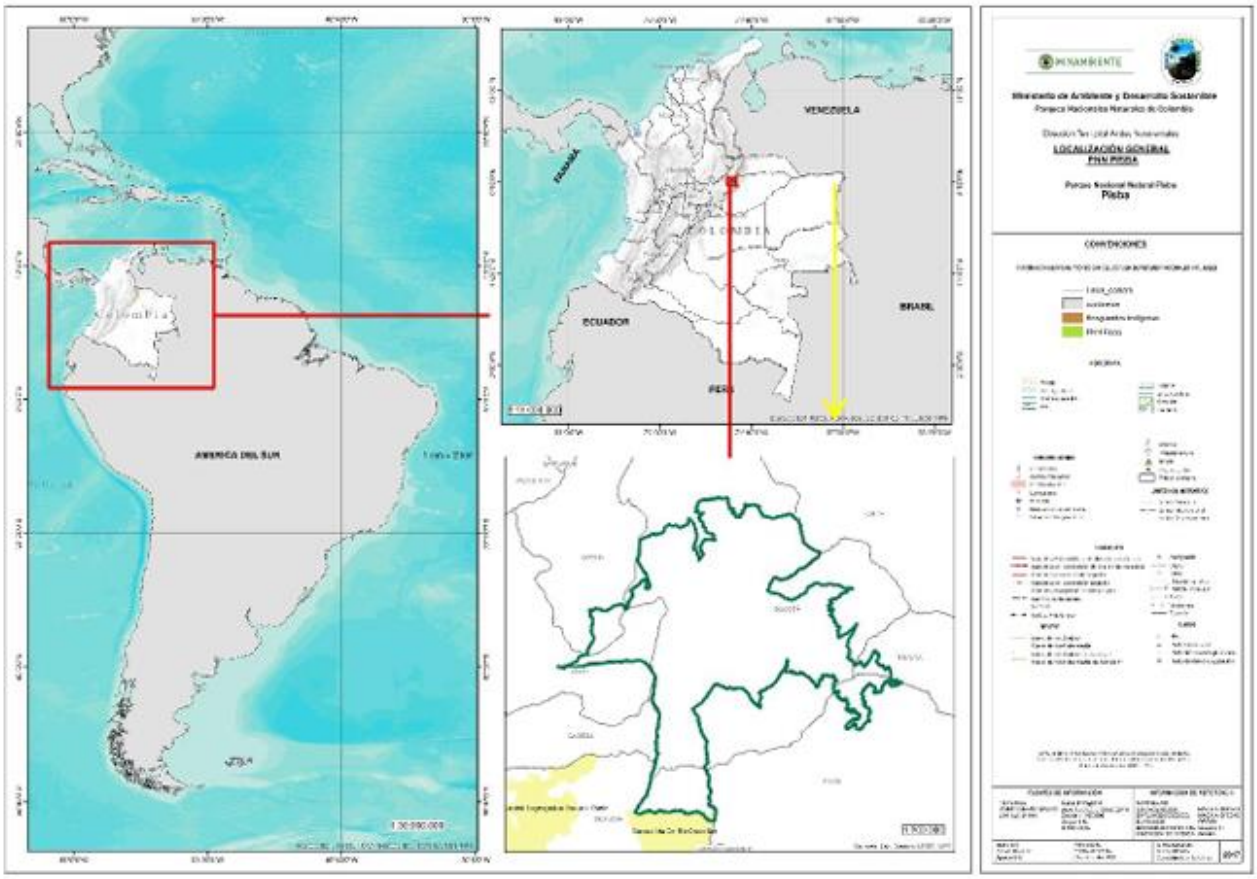


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Natural Pisba. Guio et al (2020).

4.1.2. Fases Metodológicas.

Para el siguiente estudio fueron realizados dos ensayos experimentales el ensayo 1 desde el 25 de septiembre al 28 de diciembre aproximadamente 3 meses y ensayo 2 desde el 5 de abril al 16 de mayo de 2024. Los cuales comprendieron de las siguientes fases **figura 2:**

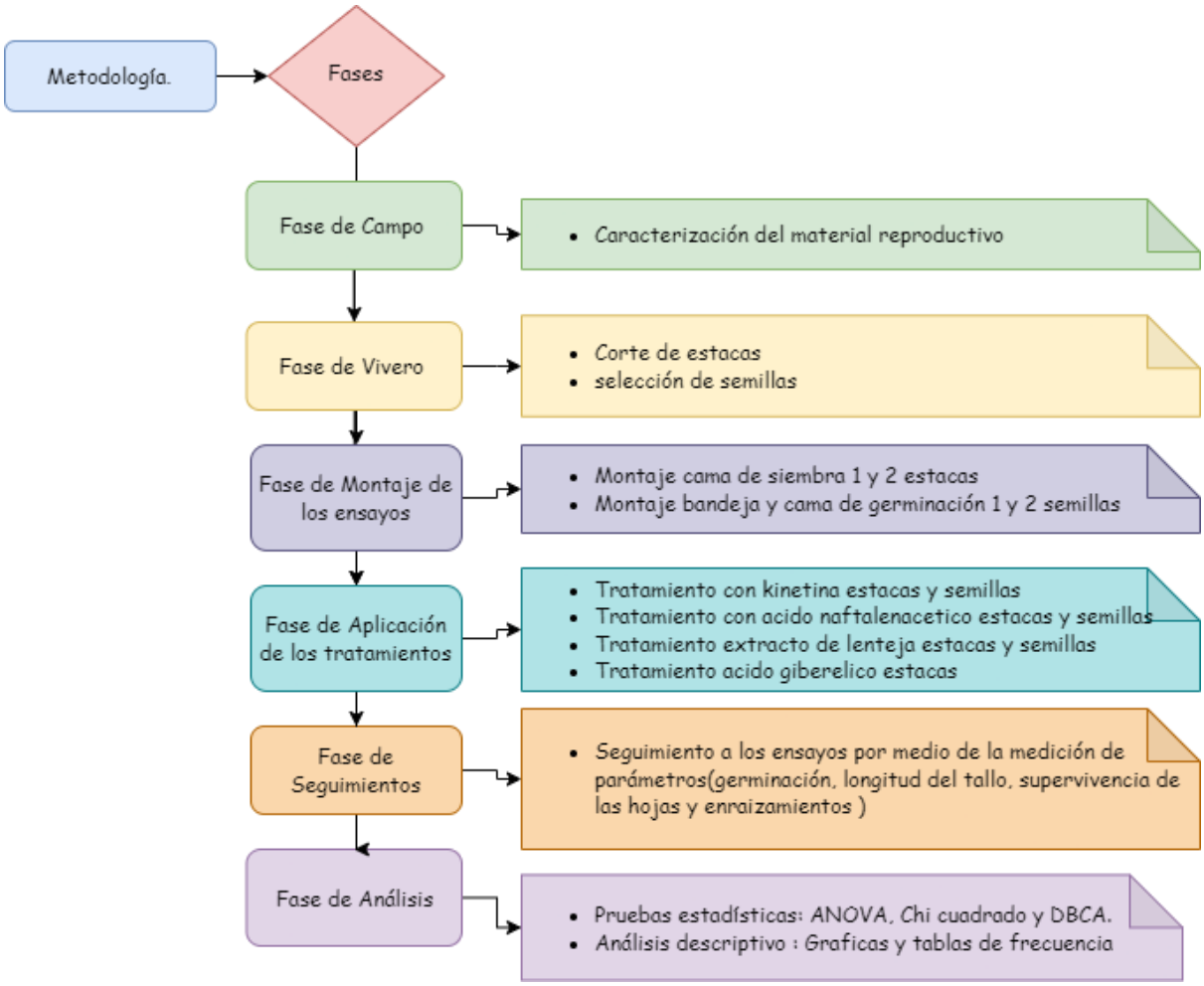


Figura 2. Metodología empleada para la realización de los ensayos

4.1.3. Diseño experimental.

Se tomaron dos tipos de material vegetal para propagar la especie *Polylepis quadrijuga*: semillas y estacas. El objetivo es observar el efecto de diversas fitohormonas en su

crecimiento y desarrollo. Cada ensayo se divide en dos partes: reproducción sexual mediante semillas y reproducción asexual mediante estacas.

Se utilizaron tres fitohormonas principales: ácido naftalenacético, Kinetina y extracto de lenteja. Adicionalmente, en el ensayo 2 de estacas se empleó ácido giberélico. Para cada fitohormona, excepto el ácido giberélico, se implementaron tres concentraciones diferentes. Cada combinación de fitohormona y concentración se denomina tratamiento.

-Fitohormonas: Son la sustancia que vamos a poner a prueba en este ensayo, la podemos identificar porque la primera letra se encuentra en mayúscula.

- L= Agua o extracto de lenteja.
- K= Kinetina.
- A= Acido naftalenacetico.
- AG= Acido giberélico.
- C=Control.

-Unidades experimentales (material Vegetal) donde vamos a suministrar la sustancia (fitohormona), la podemos identificar porque la primera letra se encuentra en mayúscula.

- **E**= estacas.
- **S**= semillas.

-Tratamientos: son la combinación de los dos puntos anteriores (fitohormona + unidad experimental) añadiendo una concentración diferente de la fitohormona. Es así como tenemos 3 tratamientos para cada fitohormona, teniendo en cuenta si se aplicará en estacas o semillas **E** o **S.**

- **1**= concentración 1 de la fitohormona.
- **2**= concentración 2 de la fitohormona.

- **3**= concentración 3 de la fitohormona.

4.1.4 Tratamientos para semillas.

Nombre del tratamiento	Color asignado para el tratamiento	Fitohormona utilizada	Concentración de la fitohormona
KS1	Verde	Kinetina	50 ppm
KS2	Verde	Kinetina	275ppm
KS3	Verde	Kinetina	500ppm
AS1	Rojo	Ácido naftalenacetico	100ppm
AS2	Rojo	Ácido naftalenacetico	502ppm
AS3	Rojo	Ácido naftalenacetico	1000ppm
LS1	Amarrillo	Extracto de agua de lentejas	250g/L
LS2	Amarrillo	Extracto de agua de lentejas	500g/L
LS3	Amarrillo	Extracto de agua de lentejas	1000g/L

Tabla 1. Descripción de los tratamientos empleados para los ensayos 1 y 2 semilla.

4.1.5 Tratamientos para estacas.

Nombre del tratamiento	Color asignado para el tratamiento	Fitohormona utilizada	Concentración de la fitohormona
KE1	Verde	Kinetina	50 ppm
KE2	Verde	Kinetina	275ppm

KE3	Verde	Kinetina	500ppm
AE1	Rojo	Ácido naftalenacetico	100ppm
AE2	Rojo	Ácido naftalenacetico	502ppm
AE3	Rojo	Ácido naftalenacetico	1000ppm
LE1	Amarrillo	Extracto de agua de lentejas	250g/L
LE2	Amarrillo	Extracto de agua de lentejas	500g/L
LE3	Amarrillo	Extracto de agua de lentejas	1000g/L
AG	Morado	Ácido giberélico	1g

Tabla 2. Descripción de los tratamientos empleados para los ensayos 1 y 2 estacas.

Para el experimento, se emplearon un total de 240 unidades experimentales, ya sean semillas o estacas. De estas, 60 unidades se destinaron al grupo de control y 180 unidades al grupo de tratamiento. Las 180 unidades del tratamiento se dividieron en grupos de 9 conformados por 20 unidades experimentales (material vegetal). Cada grupo recibió un tratamiento diferente, como se muestra en la figura. Con excepción del ensayo 2 de estacas donde el control fue de 40 unidades y se añadió el tratamiento AG: ácido giberélico como se pueden observar en la **tabla 3**.

Semillas	Estacas
LS1= 20 individuos	LE1= 20 individuos
LS2= 20 individuos	LE2= 20 individuos
LS3= 20 individuos	LE3= 20 individuos
AS1= 20 individuos	AE1= 20 individuos
AS2= 20 individuos	AE2= 20 individuos
AS3= 20 individuos	AE3= 20 individuos
KS1= 20 individuos	KE1= 20 individuos
KS2= 20 individuos	KE2= 20 individuos
KS3= 20 individuos	KE3= 20 individuos

Figura 3. Distribución de las unidades experimentales y los tratamientos

Material vegetal	**Unidades Experimentales**	**Control**	**Total**
Estacas	180	60	240
Semillas	180	60	240
Ensayo 1			480
Material vegetal	**Unidades Experimentales**	**Control**	**Total**
Estacas	200	40	240
Semillas	180	60	240
Ensayo 2			480

Tabla 3. Número de unidades experiméntales empleados para los ensayos 1 y 2.

4.1.6. Variables del estudio.

- **Variable Independiente 1**: Tipo de material vegetal (semillas, estacas).
- **Variable Independiente 2**: Fitohormona (ácido naftalenacético, Kinetina, extracto de lenteja, ácido giberélico).
- **Variable Independiente 3**: Concentración de fitohormona.
- **Variable Dependiente 1**: Tasa de germinación de semillas (%).
- **Variable Dependiente 2**: Tasa de enraizamiento de estacas (%).
- **Variable Dependiente 3**: Altura de las plantas (cm).
- **Variable Dependiente 4**: Supervivencia de las estacas.
- **Variable Dependiente 5**: Número de hojas.

4.3.1 FASE DE CAMPO

Inicialmente, se llevó a cabo el trabajo de campo, el cual consistió en identificar la zona de extracción de las estacas (bosque de referencia) de 5 individuos adultos en condiciones fitosanitarias óptimas. Se realizaron los respectivos cortes de las ramas apicales, que posteriormente fueron trasladadas al laboratorio del vivero del PNNP.

4.3.1.1 Bosque de referencia.



Figura 4. Bosque de referencia *P. quadrijuga*, cerca al vivero de alta montaña. Parque Nacional Natural Pisba. coordenadas 5.896771, -72.675647.

4.3.2 Caracterización de material reproductivo.

Para recolectar material vegetal se utilizaron 5 individuos adultos con características fitosanitarias y fenotípicas óptimas, como el estado del fuste, altura total mayor a 2,5 m, tamaño de la copa, estado de las hojas y ramas. Según Moreno et al (2022)., “no se utilizan tallos con flores o frutos porque la mayor parte de la energía de la planta se dirige a esos órganos e inhibe el desarrollo de las raíces.

4.3.2.1 Semillas de *Polylepis quadrijuga.*

Las semillas son pequeñas, generalmente miden entre 2 y 5 milímetros, y tienen una forma redondeada. Su color es amarillo tostado, con una superficie lisa y ligeramente brillante. Están cubiertas por un pequeño fruto seco que posee de tres a cuatro espinas, similares a cardos. Estas espinas ayudan en la dispersión al adherirse a las plumas de aves o al pelaje de pequeños mamíferos, facilitando así la propagación de la especie. Los frutos contienen una sola semilla en su interior, y no es necesario separar la semilla del fruto para la siembra. El embrión es diminuto y se encuentra en la parte central del fruto, presentando un desarrollo básico con un único cotiledón y una radícula apenas visible. La germinación suele ser epígea, con la radícula emergiendo primero y el epicótilo llevando los cotiledones fuera del suelo posteriormente. Se seleccionaron semillas cuyo tamaño del fruto fuera lo más semejante a los 5 mm y las espinas tuvieran una consistencia dura y puntiaguda.

4.3.2.2 Ramas de *Polylepis quadrijuga.*

Las ramas de *Polylepis quadrijuga* varían en tamaño, desde las más pequeñas y delgadas en las partes más jóvenes del crecimiento hasta las más gruesas y robustas en las áreas más viejas del árbol. Su estructura suele ser retorcida y contorsionada. La corteza de las ramas es delgada y exfoliante, desprendiéndose en finas capas similares al papel, con un color que varía de rojizo a marrón oscuro. Las ramas jóvenes son de color verde a marrón claro y tienen una textura suave con tricomas. Conforme las ramas envejecen, se vuelven más oscuras y rugosas por la acumulación de capas de corteza exfoliada. Presentan una ramificación densa y compleja, con ramas que se bifurcan repetidamente. Las hojas están dispuestas de forma alterna en las ramas y son compuestas, con foliolos pequeños y dentados. Las hojas tienen una textura coriácea de verde oscuro.

4.4 FASE DE VIVERO.

En esta fase, se seleccionaron las semillas del lote disponible en el PNNP para los ensayos, y se les aplicó un tratamiento pre germinativo. En cuanto a las estacas, se cortaron adecuadamente siguiendo las indicaciones de (Moreno et al 2022) y se utilizaron dos modelos de corte diferentes para en ensayó 1 y 2 de estacas.

4.4.1 Selección de estacas.

Las estacas se tomaron de un bosque referencial en campo. Se recogieron las estacas en horas de la mañana para evitar la deshidratación prematura. Se colectaron ramas terciarias de la parte superior del árbol aproximadamente 45 cm de longitud realizándose un corte diagonal por debajo de un par de nudos. Posteriormente en laboratorio del vivero se dispuso en una mesa para su posterior corte en bisel debajo de un nudo y se retiraron la mayoría de las hojas solo dejando 3 hojas en la parte apical, así mismo se retiró parte de las láminas (ritidoma) del tallo para mayor visualización del crecimiento de yemas. Las estacas tienen una longitud entre 7 a 15 cm y su diámetro varía de 0.5cm a 2 cm. Se realizó una desinfección con hipoclorito de sodio al 2% a la zona del corte.

4.4.1.1 Modelos de corte de estacas utilizados.

Para los ensayos, se implementaron dos modelos diferentes de corte para las estacas. El primer modelo consistió en realizar un corte en la zona basal, justo donde termina la bifurcación de la rama. El segundo modelo implicó hacer un corte más cercano a la zona apical de la rama, donde se encuentran las hojas.

4.4.1.1.1 Modelo 1.

En el ensayo número 1, se empleó un corte de estacas siguiendo las siguientes indicaciones: la longitud de las estacas era aproximadamente de 10 a 15 cm, se dejaron tres hojas, y el corte se realizó en la bifurcación de la rama en forma de bisel, como se muestra en la **figura 5.**

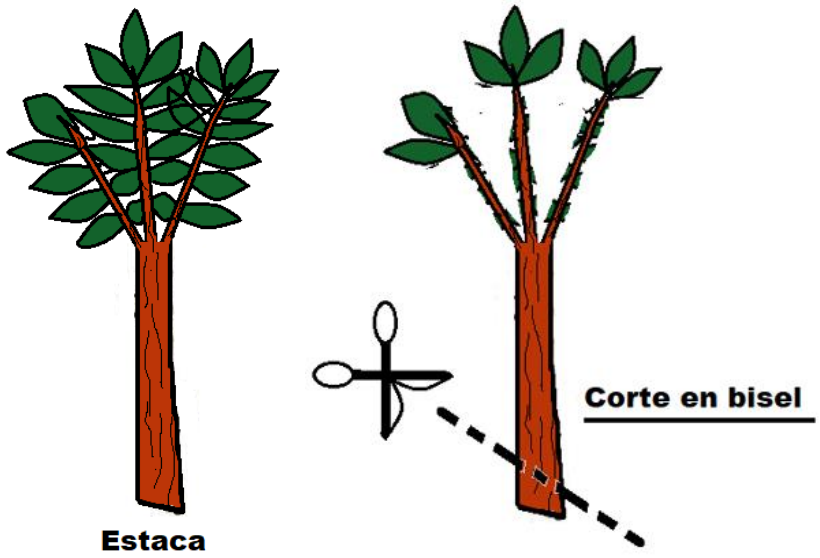


Figura 5. Modelo del corte de estacas empleado en el ensayo 1.

4.4.1.1.2 Modelo 2.

En el ensayo número 2, se tomaron ramas con una longitud de entre 10 y 15 cm se dejaron 3 hojas. Posteriormente, se realizó un corte en bisel justo por debajo de la región de crecimiento del ritidoma, que se identifica como un acumulamiento de tejido laminar, generalmente de color café claro. En algunos casos, se pueden identificar al tacto estructuras denominadas "chichones", que darán origen a raíces justo por debajo de este ritidoma **figura 6.**

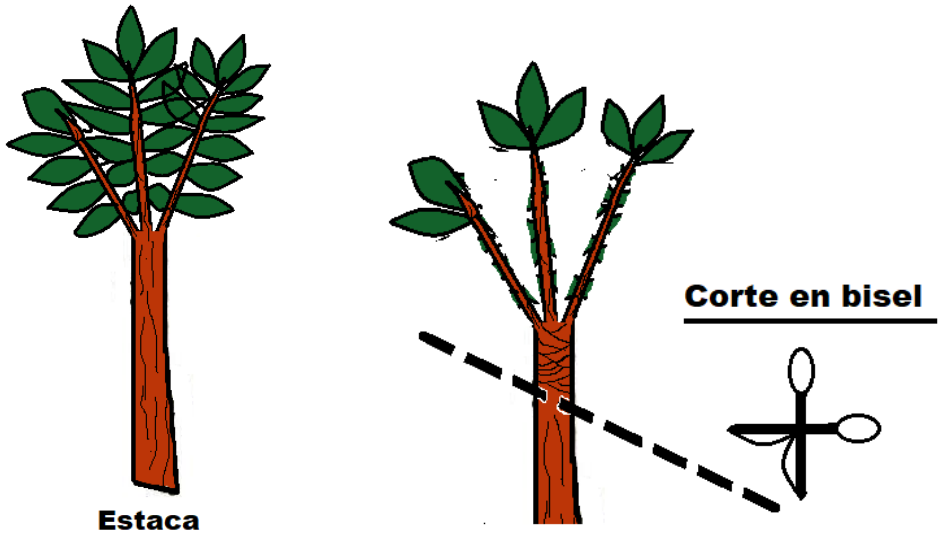


Figura 6. Modelo del corte de estacas empleado en el ensayo 2.

4.4.2 Selección de las semillas.

Las semillas seleccionadas pertenecen al lote 2, recolectado el 13 de julio de 2023 por el equipo del Parque Nacional Natural Pisba. Para la selección de estas semillas, se consideraron parámetros físicos tales como el tamaño, la rigidez de las púas y la integridad de la cubierta. Posteriormente, se eliminó cualquier material vegetal que no formara parte de la semilla, como partes de flores marchitas. Pérez et al (2021).

4.4.2.1 Tratamiento pregerminativo semillas

Una vez seleccionadas las semillas, se colocaron en una caja Petri y sumergidas en agua durante 24 horas para favorecer el proceso de germinación.

4.5. FASE DE MONTAJE DE LOS ENSAYOS

4.5.1 Establecimiento de la cama de siembra estacas

Se utilizaron 240 bolsas (880 g de sustrato) para estacas con las siguientes medidas (15cm*10cm) con el sustrato que se utiliza en el vivero (tierra negra 80% y turba 20 %). Para posteriormente colocarlas por filas de 12*20 en una cama (1m ancho *1.50m de largo) en el patio de crecimiento en el vivero del Parque Nacional Natural Pisba el cual cuenta con una

estructura recubierta por polisombra al 60%. Se realizó un canal de desagüe para evitar encharcamientos.

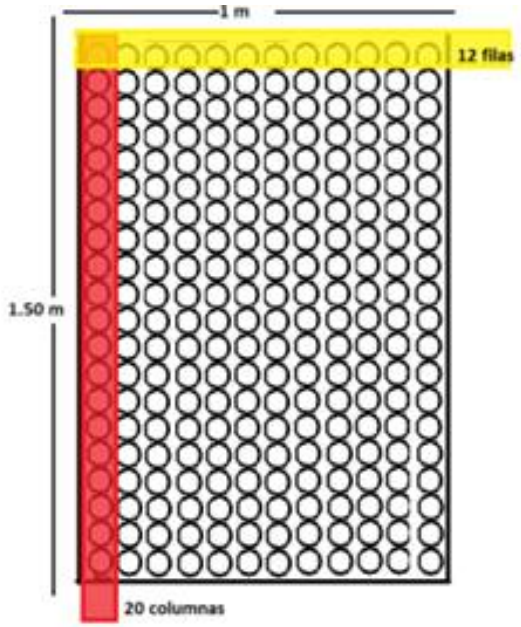


Figura 7. Diseño de la cama de siembra para del ensayo de estacas.

Para la distribución de los tratamientos con fitohormonas en la cama de siembra de las estacas, se siguieron las medidas mencionadas en la figura. Cada fila, compuesta por 20 bolsas, recibió un tratamiento diferente. Para facilitar la identificación de cada fitohormona, se asignó un color específico: verde para la Kinetina, rojo para el ácido naftalenacético y amarillo para el extracto de agua de lenteja. Las concentraciones se organizaron de izquierda a derecha, comenzando con la menor concentración y terminando con la mayor, como se muestra en la **figura 8.**

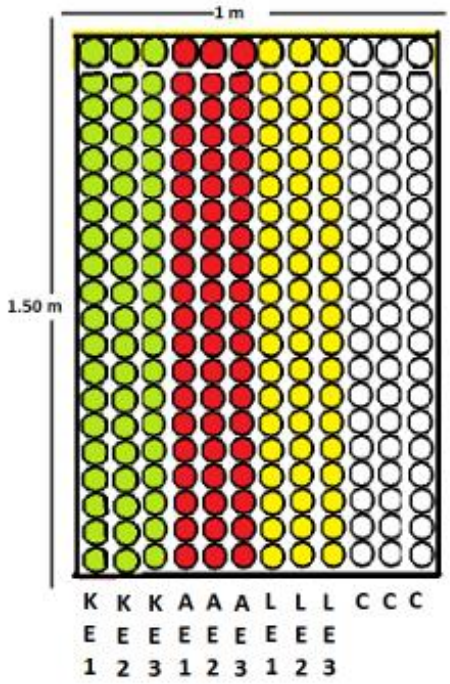


Figura 8. Diseño del montaje de los tratamientos empleados en el ensayo 1.

En el ensayo 2 de estacas, se implementaron las mismas medidas de la cama de siembra utilizadas en el ensayo 1. Los tratamientos y la organización también fueron los mismos, con la única modificación de que la última fila de la derecha se destinó al tratamiento AG (ácido giberélico), identificado con el color morado. Esto redujo el número de unidades de control a 40. Esta distribución se puede ver en la **figura 9.**

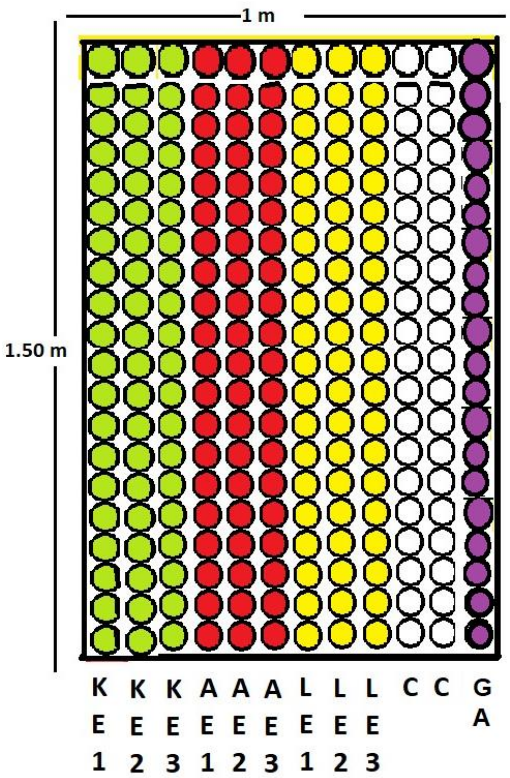


Figura 9. Diseño de los tratamientos empleados en el ensayo 2.

4.5.2 Montaje de los ensayos 1 Semillas.

4.5.2.1 Establecimiento de las bandejas de germinación.

El sustrato utilizado fue una combinación a partes iguales de tierra negra y turba. Que posteriormente fue colocado en las bandejas de germinación de (6 *12). Este ensayo se ubicó el invernadero del parque nacional natural Pisba en la nave 2 cama de germinación 4. Pasadas 24 horas del tratamiento pregerminativo se hizo la siembra a una profundidad de 2 cm para luego cubrir el orificio donde quedo la semilla y regar con abundante agua.

Para el diseño de los tratamientos en la bandeja de germinación de semillas, se utilizaron diferentes colores para identificar cada tratamiento: verde para la Kinetina, rojo para el ácido naftalenacético y amarillo para el extracto de agua de lenteja. La distribución de los tratamientos en la bandeja consistió en asignar 20 cuadros, organizados de derecha a

izquierda, comenzando con la menor concentración a la derecha y la mayor a la izquierda, como se muestra en la **figura 10.**

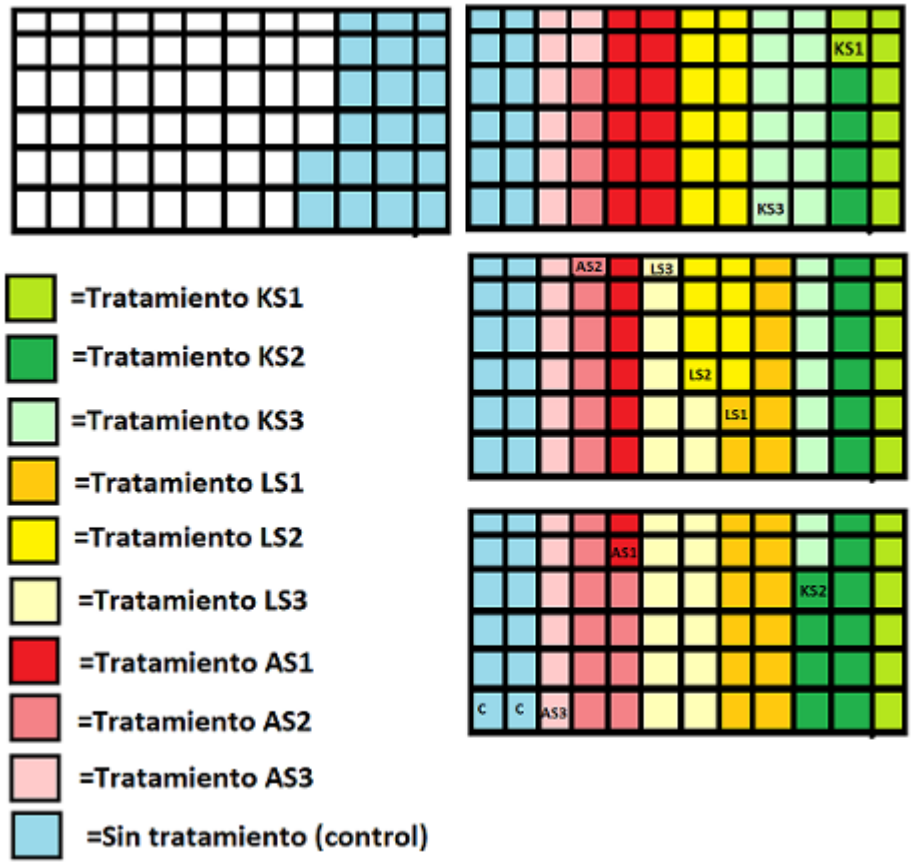


Figura 10. Diseño de los tratamientos en bandejas de germinación para el ensayo 1.

4.5.1.2 Establecimiento de la cama de germinación del ensayo 2 Semillas

El sustrato utilizado fue una combinación de tierra negra 70%, turba 10 % y arena 10%. Que posteriormente fue colocado en la cama de germinación (1 metro de ancho * 1 metro de largo) Asegurando que el sustrato fuera de 15 cm de grosor repartido uniformemente en toda la cama. Este ensayo se ubicó el invernadero del parque nacional natural Pisba en la nave 2 cama de germinación 4. Pasadas 24 horas del tratamiento pregerminativo se toma una semilla y coloca en el centro del sustrato con pinzas, siguiendo la guía proporcionada por la cuadrícula montada. Luego, se emplea un colador para verter una cantidad adecuada de tierra negra y tamizarla sobre las semillas, asegurando una cobertura uniforme con una capa de

tierra que tenga el doble del tamaño de las semillas (0,5 mm de diámetro para las semillas, por lo que la capa de tierra sería de aproximadamente 1 cm). Posteriormente, se procede a regar el sustrato.

En el ensayo 2, se utilizó una cama de germinación y se distribuyeron los tratamientos teniendo en cuenta los siguientes colores: verde para la Kinetina, rojo para el ácido naftalenacético y amarillo para el extracto de agua de lenteja. Los tratamientos se organizaron en una cuadrícula de 20 cuadros, de derecha a izquierda y de abajo hacia arriba. La concentración más baja se ubicó en la parte inferior y la concentración más alta en la parte superior, como se muestra en la **figura 11.**

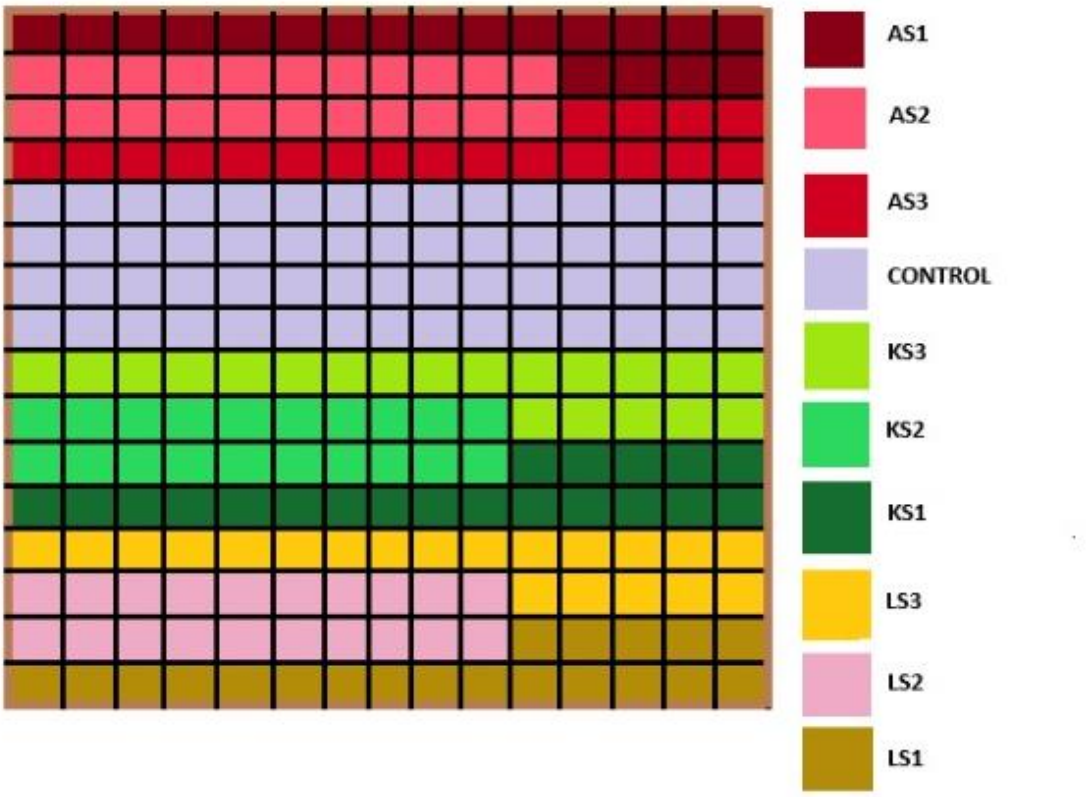


Figura 11. Diseño de los tratamientos empleados en el ensayo 2 en la cama de siembra.

4.6 FASE DE APLICACION DE TRATAMIENTOS.

Para la aplicación de las fitohormonas al material vegetal (estacas o semillas), se emplearon diferentes métodos según las indicaciones del fabricante, que se describen a continuación.

4.6.1 Tratamientos para Estacas.

4.6.2.1 Tratamiento con Kinetina para los ensayos.

Para la aplicación de la fitohormona, se emplearon tres concentraciones de tratamiento, identificadas como KS1, KS2 y KS3. Utilizando un gotero específico para el tratamiento (Kinetina), se aplicaron 2 gotas a cada semilla, siendo cada gota equivalente a 0,5 ml.

Concentraciones de Kinetina empleado.

- KE1: 50ppm.
- KE2 :275ppm.
- KE2 :500ppm.

4.6.2.1.1Tratamiento con ácido naftalenacetico para los ensayos.

Para la aplicación de la fitohormona, se utilizaron tres concentraciones de tratamiento, designadas como AE1, AE2 y AE3. Se seleccionaron 20 estacas, que se sumergieron en los respectivos tratamientos durante 40 minutos. Luego de este tiempo, las estacas fueron retiradas de la solución y colocadas individualmente en sus respectivas bolsas de vivero.

Concentraciones de Ácido naftalenacetico empleado.

- AE1: 100ppm.
- AE2 :502ppm.
- AE3:1000ppm.

4.6.2.1.1.1 Tratamiento con ácido giberélico Ensayo #2.

Se utilizó la fitohormona Ácido giberélico, para 20 estacas. En la siguiente dosificación siguiendo las instrucciones del fabricante. Posteriormente en un recipiente se sumergió la punta de las estacas a una profundidad de 2,5 cm. Y se dejó actuar durante 40 minutos. Pasado el tiempo se retiraron de la solución y se posicionaron en sus respectivas bolsas individuales.

10 gramos. En 200 Litros de agua.

X ---> 2 litros.

2*10/200= 0,1 gramo/litro.

4.6.3 Preparación del volumen de aplicación de fitohormonas para estacas.

Llenar el tubo de medición hasta los 4,5ml Con ayuda de un gotero del respectivo tratamiento que se desea aplicar (A, K, L) aplicar 4 gotas a la estaca (al sustrato donde) (4 gotas =2 ml).

4.7 Tratamientos para semillas.

4.7.1 Tratamiento con Kinetina para semillas.

Para la aplicación de la fitohormona, se emplearon tres concentraciones de tratamiento, identificadas como KS1, KS2 y KS3. Utilizando un gotero específico para el tratamiento (Kinetina), se aplicaron 2 gotas a cada semilla, siendo cada gota equivalente a 0,5 ml.

Concentraciones de Kinetina empleado.

- KE1: 50ppm
- KE2 :275ppm

- KE2 :500ppm.

4.7.1.1 Tratamiento con ácido naftalenacetico para semillas

Para la aplicación de la fitohormona, se emplearon tres concentraciones de tratamiento, identificadas como AS1, AS2 y AS3. Utilizando un gotero específico para el tratamiento (ANA), se aplicaron 2 gotas a cada semilla, siendo cada gota equivalente a 0,5 ml.

Concentraciones de Ácido naftalenacetico empleado.

- AS1: 100ppm.
- AS2 :502ppm.
- AS3:1000ppm.

4.7.2 Tratamiento con agua de lenteja para los ensayos (Estacas y semillas).

Para el tratamiento de agua o extracto de lenteja se utilizaron 1 kilo de lentejas comercial, que se dejó en remojo en 2 litros de agua destilada durante 24 horas. Después se extrajo las lentejas del agua con ayuda de un colador para disponer solo del agua. Se utilizaron 3 concentraciones diferente, donde fue diluida la concentración dependiendo del tratamiento.

Concentraciones de Extracto de lenteja empleado.

- LS1 y LE1--->250g/l.
- LS2 y LE2 --->500g/l.
- LS3 y LE3 --->1000g/l.

4.7.3 Preparación del volumen de aplicación de fitohormonas para semillas.

Llenar el tubo de medición hasta los 2,5ml. Con ayuda de un gotero de color del tratamiento que se desea aplicar (A, K, L) aplicar 2 gotas al sustrato de cada semilla (cada gota =0,5ml).

4.7.4 Frecuencia de Aplicación de las fitohormonas ensayo #1.

Para esta investigación, se siguió la secuencia de aplicación descrita en las tabla y tabla a continuación.

Fitohormona	Material vegetal	
	Estacas	Semillas
Kinetina	1 vez (única) durante 24 horas	1 vez cada 15 días
Ácido naftalenacetico	1 vez al mes	1 vez al día durante 4 semanas
Extracto de lenteja	2 veces a la semana	2 veces a la semana

Tabla 4. Frecuencia de aplicación de los tratamientos en semillas para el ensayo 1.

4.7.5 Frecuencia de Aplicación de las fitohormonas ensayo #2.

Fitohormona	Material vegetal	
	Estacas	Semillas
Kinetina	1 vez (única) durante 24 horas	1 vez cada 15 días
Ácido naftalenacetico	1 vez al mes	1 vez al día durante 4 semanas
Extracto de lenteja	1 vez a la semana	1 vez a la semana

Ácido Giberelico	1 vez (única)	No aplica

Tabla 5. Frecuencia de aplicación de los tratamientos en semillas para el ensayo 2.

4.8 Fase de seguimiento.

Se realizó un seguimiento continuo a los ensayos para observar el desarrollo del experimento y asegurar condiciones óptimas. Se llevaron registros detallados sobre la germinación, la supervivencia de las hojas, el crecimiento y el desarrollo de las plantas y estacas bajo cada tratamiento. Además, se realizaron mediciones periódicas de altura, diámetro del tallo, número de hojas y otros parámetros relevantes. Para el caso del ensayo 1 se llevó a cabo el seguimiento cada 20 días mientras para el ensayo 2 se llevó a cabo el seguimiento cada semana.

4.9 Fase de análisis.

Finalmente, los resultados obtenidos en los ensayos se analizaron para evaluar la efectividad de cada tratamiento con fitohormonas usando estadísticos de prueba. Este análisis permitió comparar los resultados obtenidos con los datos del grupo de control (sin tratamiento), proporcionando una comprensión clara de la influencia de las fitohormonas en la germinación, el crecimiento y el desarrollo de *Polylepis quadrijuga.*

4.9.1 Estadística.

Prueba Chi Cuadrado para Supervivencia de Estacas.

La prueba chi cuadrado (χ^2) es una prueba estadística utilizada para determinar si existe una asociación significativa entre dos variables categóricas. En el contexto de este estudio, la prueba chi cuadrado se utilizó para analizar la supervivencia de las estacas. Esta prueba permitió comparar las frecuencias observadas de supervivencia y no supervivencia de las

estacas en diferentes tratamientos con las frecuencias esperadas bajo la hipótesis nula de independencia (es decir, que el tratamiento no afecta la supervivencia).

- Hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa en la supervivencia de las estacas entre los diferentes tratamientos.
- Hipótesis alternativa (H_1): Hay una diferencia significativa en la supervivencia de las estacas entre los diferentes tratamientos.

Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).

El Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) es un diseño experimental que se utiliza para reducir la variabilidad experimental dividiendo los sujetos experimentales en bloques homogéneos. Cada bloque contiene todas las condiciones de tratamiento.

Prueba de Duncan para Supervivencia de las Hojas de las Estacas.

La prueba de rango múltiple de Duncan es una prueba post hoc utilizada después de un ANOVA significativo para identificar qué medias de tratamientos son significativamente diferentes entre sí.

Gráficas Descriptivas.

Las gráficas descriptivas se utilizan para visualizar y resumir los datos de manera clara y concisa. En este estudio, las gráficas descriptivas podrían incluir:

- Gráficas de barras: Comparan las medias entre diferentes tratamientos.
- Gráficas de tortas: para mostrar la composición y distribución de un conjunto de datos en categorías proporcionales. Es especialmente útil en la visualización de

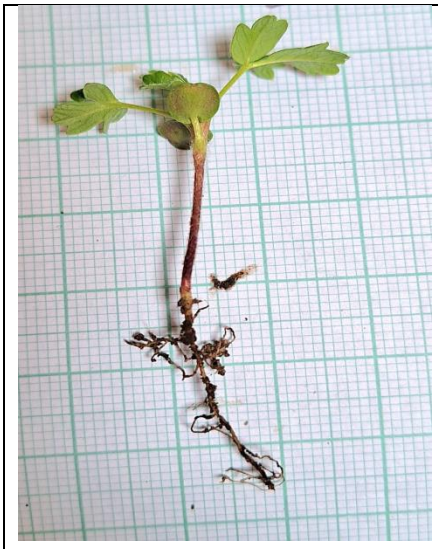
proporciones y comparaciones sencillas, facilitando la interpretación y presentación de resultados en estudios y reportes.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

5.1 Descripción general de plántulas de *Polylepis quadrijuga.*

	 		
Tratamiento LS2	En el seguimiento a las semillas sembradas se observó el desarrollo de las hojas primarias y nomofilos al igual que un adecuado desarrollo del sistema radicular de los individuos que iban germinando. emergieron pasados 30 días de sembradas las semillas. En caso de las hojas se observa ramificaciones con 3 hojas.		

Tabla 6. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento LS2.

Tratamiento LS3	Descripción: Se observó el desarrollo de las hojas primarias y un mayor desarrollo de los nomofilos al igual que un adecuado desarrollo del sistema radicular de los individuos que iban germinando. emergieron pasados 30 días de sembrada la semilla. Cabe destacar que el individuo presenta un tamaño considerable para el tiempo de germinación.

Tabla 7. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento LS3.

	
Tratamiento KS2	Descripción: cómo se puede apreciar en la imagen podemos ver dos plántulas con adecuado desarrollo de las hojas y radicular, comparado con las otras plántulas presentan un tamaño promedio. emergieron pasados 35 días

Tabla 8. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento KS2.

	Tratamiento AS3 Descripción: En la imagen podemos observar una plántula con únicamente sus cotiledones, su raíz es pequeña y delgada y el tallo no es tan rojizo a diferencia de los otros tratamientos. La rigidez de su tallo no es la óptima. Emergieron pasados 30 días después de la siembra.

Tabla 9. Plántulas de *P. quadrijuga* bajo el tratamiento AS3.

			
control	Descripción: Se puede apreciar que el control está en buenas condiciones de vigorosidad algunos individuos cuentan únicamente con sus cotiledones, mientras que otro cuenta con sus hojas verdaderas en proceso. Emergieron pasados los 40 días.		

Tabla 10. Plántulas de *P. quadrijuga* control.

5.2 Resultados ensayo 1 y 2 semillas.

5.2.1 Porcentaje de germinación ensayo 1 y 2.

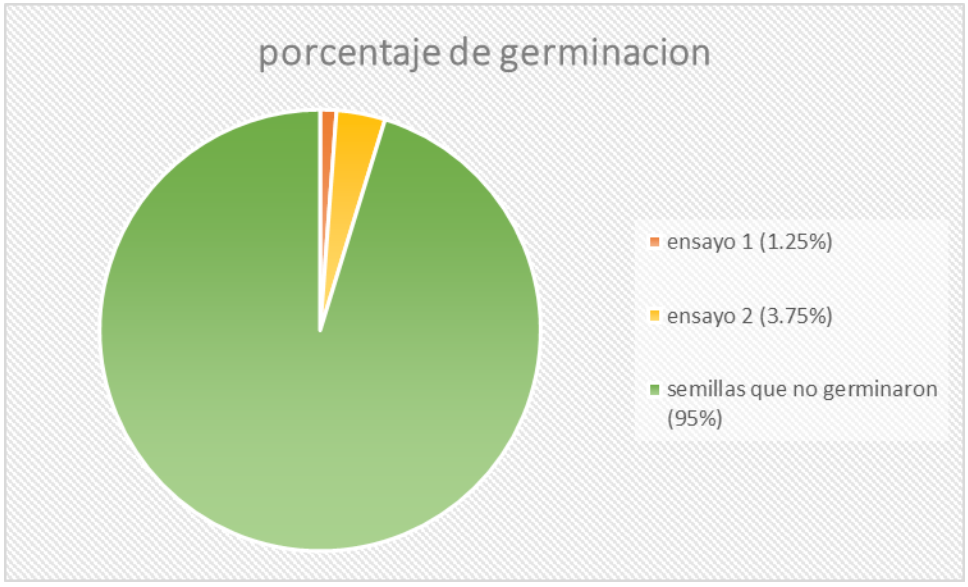


Figura 12. Grafica de torta de porcentaje de germinación en semillas para los ensayos 1 y 2.

$$x^2 = \sum \frac{(oi - ei)}{ei} \qquad x^2 = 7.24$$

$$valor\ critico = gl(r-l)(c-l) = 9$$

$$\alpha = 0.05$$

$$x^2 = (1-\alpha)(r-1)(c-1) = 16.19898$$

$$v = \sqrt{\frac{x^2}{n \cdot \min(e-1, c-1)}} = 0.17368554$$

Figura 13. Prueba chi cuadrado para supervivencia de las semillas.

Las semillas de *Polylepis* se consideran ortodoxas debido a su bajo contenido de humedad, que varía entre el 3% y el 7%, permitiendo así su almacenamiento prolongado sin perder viabilidad. No obstante, en varios estudios se ha observado la práctica común de remojar las semillas durante períodos de 12 a 24 horas (Huayta2023). La germinación de estas semillas

suele comenzar unos 40 días después de la siembra. El porcentaje de germinación puede variar ampliamente, desde 0% hasta 50%. Dependiendo tanto de la especie como de las condiciones específicas del micrositio donde se recolectaron las semillas de ejemplares adultos (Renison et al 1998).

Según la figura 12, se puede observar que el porcentaje de germinación para la especie *Polylepis quadrijuga* oscila entre 1.25% y 3.75% después de llevar a cabo dos ensayos de propagación, cada uno con 240 semillas sembradas. Según la prueba chi cuadrado, cuyo resultado fue de p (16,19) es mayor que 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula a este nivel de significancia. Esto sugiere que no hay suficiente evidencia para decir que hay una diferencia significativa en la germinación de las semillas según el grupo analizado. Estos resultados indican niveles de viabilidad notablemente bajos en las semillas de esta especie. La baja germinación de las especies de *Polylepis* se atribuye en gran parte al alto porcentaje de semillas vacías o no viables, como ha sido documentado en múltiples estudios sobre diversas especies de este género. Por ejemplo, la viabilidad de las semillas de *P. incana* se reporta entre el 4% y el 6% (Espejo 2015), entre el 2% y el 15% para (Renison et al 1998; Huayta 2023). Además, se ha determinado una alta tasa de inviabilidad en otras especies del género, como *P. tomentella* (84%), *P. hieronymi* (80%), *P. besseri* (90% a 100%), *P. tarapacana* (100%), y *P. racemosa* (100%) (Huayta 2023).Siendo para *P. australis* entre 10 y 50%, Los resultados de los ensayos de propagación confirman que existe un considerable porcentaje de semillas inviables en la especie *P. quadrijuga*, lo cual probablemente ha contribuido a los bajos porcentajes de germinación registrados en el ensayo.

Esta baja tasa de germinación puede deberse a la fragmentación del bosque que genera una menor disponibilidad de polen y flujo génico entre los individuos; donde el árbol donante de polen y el receptor generalmente son parientes produciendo una elevada mortalidad de

semillas proceso denominado depresión endogámica biparental. Por otra parte, la forma típica de polinización anemófila de esta especie limita el flujo de polen a largas distancias, todo lo dicho influencia en la germinación de las semillas. (Huayta 2023; Espejo 2015.)

Es fundamental implementar una metodología adecuada para la separación de semillas viables e inviables con el fin de obtener mayores tasas de germinación, tanto para la especie *Polylepis quadrijuga* como para otros individuos del género. Huayta (2023) documentó una práctica útil para separar las semillas según su peso, lo que ayuda a diferenciar las vacías o con embriones defectuosos, ya que éstas tendrán menos peso en comparación con las viables.

> El mayor número de semillas viables se registró en las semillas de 5 mg de peso, con 16 semillas viables de un total de 233, sin embargo, esto representó solo el 4.95% de viabilidad. Por otro lado, la viabilidad de semillas aumentó según el peso de las semillas, desde un 0% de semillas viables en semillas de 0.5 mg hasta un 100% de viabilidad para las de 13 mg, demostrando así que el peso de las semillas es un indicador de su viabilidad". (Huayta 2023, p 53)

Además, la variabilidad en la germinación depende del origen de las semillas y las características del árbol madre, como su altura y el micrositio donde crece. Por lo tanto, elegir semillas más pesadas o de mayor tamaño puede ser una estrategia eficaz para mejorar la germinación en proyectos de reforestación, incluso si se recolecta menos material. En consecuencia, las semillas recolectadas deben ser tamizadas y se deben descartar aquellas que flotan (Huayta 2023).

5.2.2 Altura del hipocótilo ensayo 1 y 2.

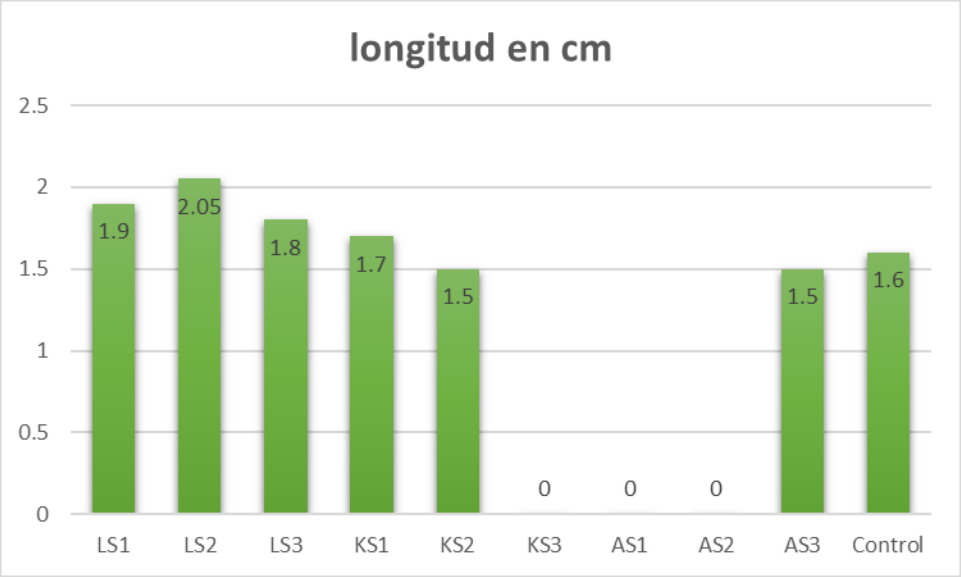


Figura 14. Longitud del hipocótilo (hojas verdaderas).

La gráfica de barras figura 14 muestra que el tratamiento LS2 resulta en la mayor longitud del hipocótilo, alcanzando 2.05 cm, seguido por el tratamiento LS1 con 1.9 cm y LS3 con 1.8 cm. En comparación, el grupo de control presenta una longitud de 1.9 cm, similar a la de los tratamientos. Estos resultados son comparables a los obtenidos por Mollohuanca et al (2021) en su estudio sobre *Polylepis rugulosa*, donde utilizaron varios tratamientos químicos, incluyendo T1: Trio Fosfol (10%N, 38%P) con una concentración de 7.5 ml/L y T2: Apply-Fol 35N-10P-10K con una concentración de 5 ml/. En su estudio, los tratamientos no influyeron significativamente en la longitud del tallo, mostrando una respuesta similar al grupo de control.

Otros autores, como Renison et al (1998), señalaron que la altura del individuo del cual se tomaron las semillas y las características ambientales circundantes no tuvieron un impacto significativo en la germinación ni en el desarrollo. Sin embargo, Huayta (2023) indica que algunas especies de *Polylepis* pueden germinar inmediatamente después de la dispersión, sin un período de reposo invernal obligado. Además, Huayta (2023) observó que la germinación y el crecimiento durante los primeros cinco años fueron más rápidos cuando las plántulas

provenían de semillas recolectadas en un bosque grande y bien conservado, en comparación con las semillas recolectadas en fragmentos pequeños. Este hallazgo sugiere que es crucial seleccionar fuentes semilleras viables para optimizar la propagación y el crecimiento de *Polylepis*.

5.2.3 Diámetro del hipocótilo ensayo 2.

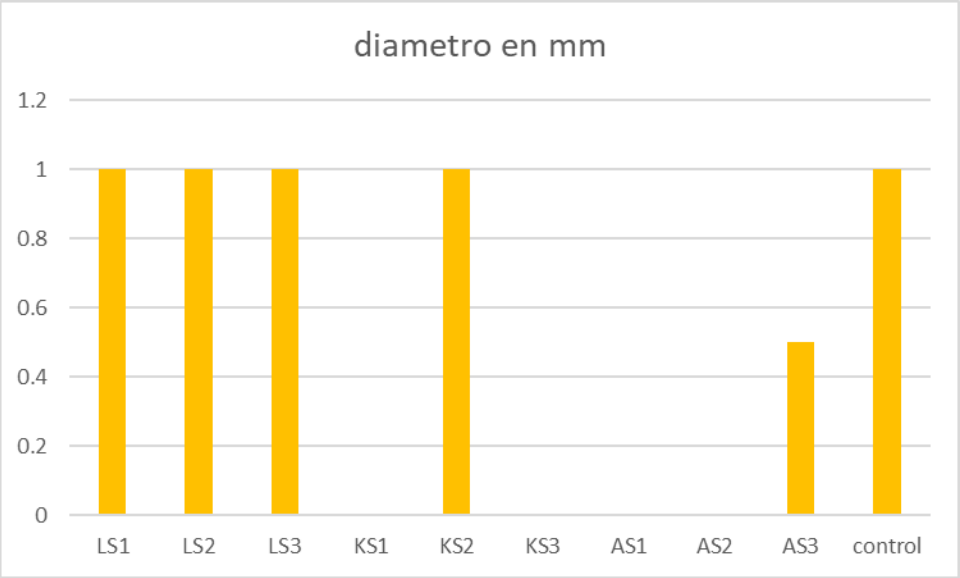


Figura 15. Grosor del tallo.

La gráfica muestra que todos los tratamientos presentan un grosor similar en los tallos de las plántulas de *P. quadrijuga*, con un promedio de 1 cm. Sin embargo, el tratamiento AS3 muestra una disminución en el grosor del tallo, siendo aproximadamente 0.5 mm más delgado en comparación con los otros tratamientos.

5.2.4 Longitud raíz.

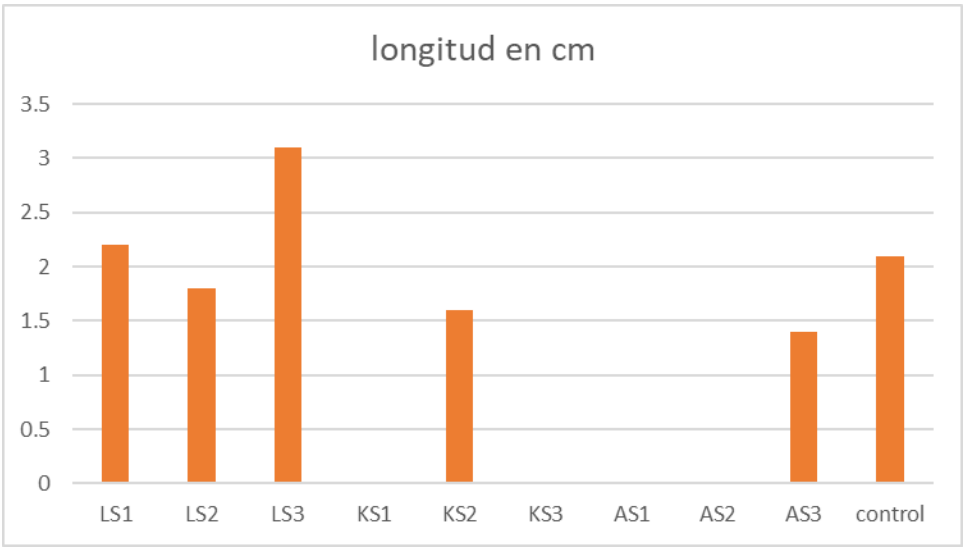


Figura 16. Longitud del sistema radicular.

La figura muestra que el tratamiento LS3 presentó la mayor longitud del sistema radicular, con 3 cm, seguido por LS1 con 2.3 cm. En comparación, el grupo de control que tuvo una longitud de 2.1 cm.

5.2.5 Numero de hojas y ramificaciones.

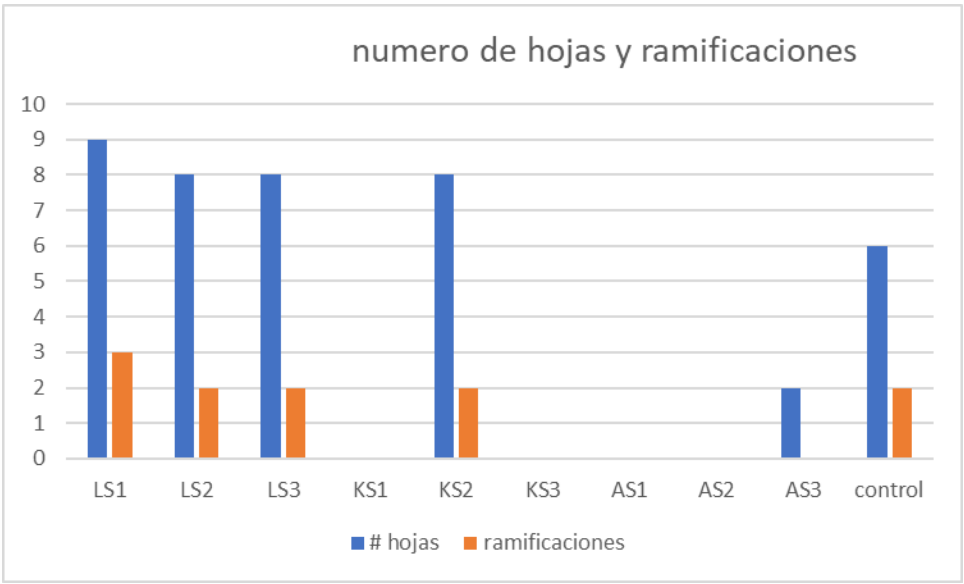


Figura 17. Número de hojas y ramificaciones de las plántulas de *P. quadrijuga.*

Los tratamientos LS1, LS2, LS3 y KS2 muestran un número similar de hojas entre sí, siendo este mayor que el del grupo de control. En cuanto a las ramificaciones, todos los tratamientos muestran similitudes entre sí. Esto contrasta con el estudio realizado por Mollohuanca et al (2021), en el cual se llevó a cabo una prueba estadística ANOVA, dando como resultado (P >

0,05) que existe una diferencia significativa entre los tratamientos. La prueba de especificidad de LSD Fisher mostró que los tratamientos 0 µM ANA + 0 µM BAP; 0,25 µM ANA + 0 µM BAP y 0,5 µM ANA + 0 µM BAP presentaron los valores más altos, con 4.7, 4.6 y 4.5 hojas en promedio por brote, respectivamente.

En contraste, los tratamientos que contenían Ácido Naftalenacético (AS1 y AS2) no mostraron germinación, por lo que no se pudo evaluar el número de hojas en los brotes de *Polylepis* para estos ensayos. Esto sugiere que los tratamientos con AIA y BAP pueden tener un efecto significativo en la promoción del crecimiento foliar, mientras que los tratamientos con Ácido Naftalenacético pueden no ser adecuados para la germinación y crecimiento de *Polylepis* en las condiciones evaluadas.

5.3 Resultados ensayo 1 y 2 Estacas.
5.3.1 Porcentaje de Prendimiento.

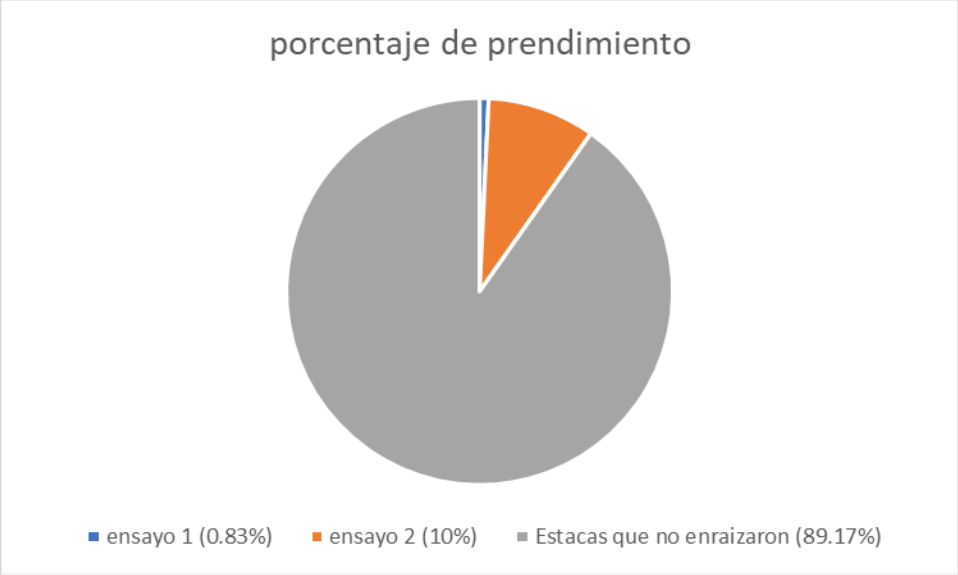


Figura 18. Grafica de torta porcentaje de prendimiento en estacas ensayo 1 y 2.

Para lograr un enraizamiento óptimo de las estacas, es esencial situar el vivero en un lugar que proporcione tres factores clave: a) una reducción en la actividad fotosintética, b) una humedad relativa alta (superior al 80-90%) y un adecuado manejo del estrés hídrico, y c) una temperatura ambiente entre 30 y 35 °C. (Quispe 2013).

El porcentaje de prendimiento para el ensayo 1, como se observa en la Figura 18, fue apenas del 0,83% en el caso del ensayo 2, el 10%. Estos valores indicarían que los tratamientos empleados a base de fitohormonas no resultaron ser muy eficaces a la hora de enraizar las estacas de *Polylepis quadrijuga*. En comparación con otras especies como *Polylepis racemosa* subespecie *triacontandra* donde por medio de la prueba estadística de Duncan se puede observar que el porcentaje de prendimiento de esta especie pasados los 30 días fue 80.12% con el tratamiento Parque, seguido de rapid root con un 77.78% y el tratamiento de germinado de lenteja con un 75% siendo el control el que presenta el PP más bajo 61.11% Espejo (2015). la presencia de hojas en las estacas tiene un efecto estimulante significativo en la formación de raíces adventicias. Las hojas, al ser los principales productores de carbohidratos mediante la fotosíntesis, también generan auxinas que son transportadas naturalmente a la base de la estaca a través del floema, junto con otras sustancias que facilitan la formación de raíces y el desarrollo de la planta Quispe (2013).

5.3.2 Supervivencia hojas.

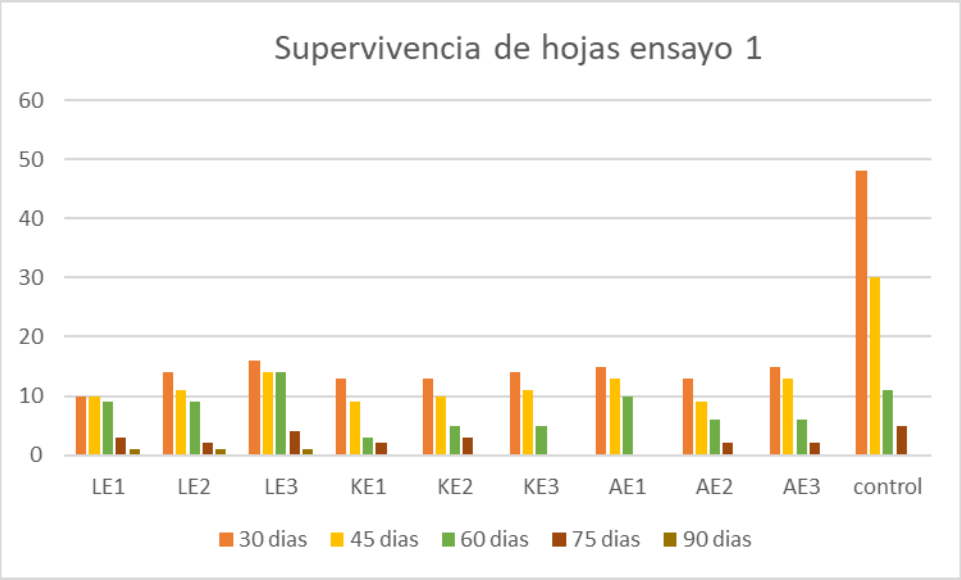


Figura 19. Supervivencia de hojas en estacas bajo los tratamientos ensayo 1.

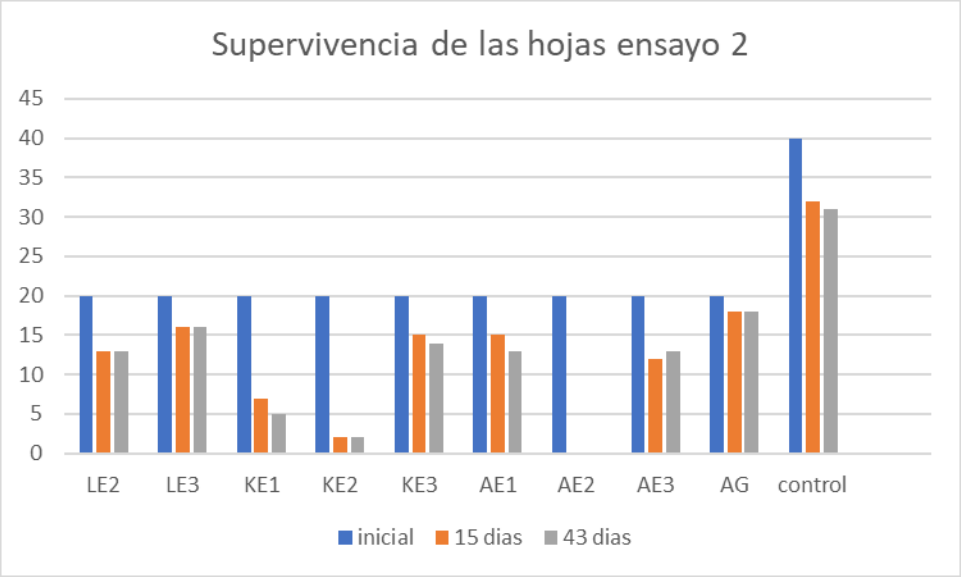


Figura 20. Supervivencia de hojas en estacas bajo los tratamientos del ensayo 2.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Filas	1995.8	4	498.95	21.028096	5.183E-09	2.633532094
Columnas	704.5	9	78.27777778	3.2989932	0.0049752	2.152607472
Error	854.2	36	23.72777778			
Total	3554.5	49				

Figura 21. ANOVA supervivencia de estacas ensayo1 DBCA contando el control.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Filas	586.6060606	2	293.3030303	24.368077	4.35E-06	3.492828477
Columnas	1578.181818	10	157.8181818	13.111782	9.892E-07	2.347877567
Error	240.7272727	20	12.03636364			
Total	2405.515152	32				

Figura 22. ANOVA supervivencia de estacas ensayo 2 DBCA contando el control.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Filas	1178.533333	4	294.6333333	106.33383	5.242E-18	2.668436943
Columnas	68.44444444	8	8.555555556	3.0877193	0.0107211	2.244396139
Error	88.66666667	32	2.770833333			
Total	1335.644444	44				

figura 23. ANOVA supervivencia de estacas ensayo1 DBCA quitando el control.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Filas	538.0666667	2	269.0333333	20.127182	2.56742E-05	3.554557146
Columnas	454.3	9	50.47777778	3.7763924	0.007916781	2.456281149
Error	240.6	18	13.36666667			
Total	1232.966667	29				

Figura 24. ANOVA supervivencia de estacas ensayo 2 DBCA quitando el control el control.

En cuanto a la supervivencia de las hojas en las estacas dejadas para promover el enraizamiento, destacamos que los tratamientos LE2 y LE3 ensayo 1, fueron los que tuvieron la mayor tasa de supervivencia inicial, igual que el control a los 30 días. Con el tiempo, las hojas comenzaron a marchitarse gradualmente, así que a los 75 días quedaban muy pocos ejemplares con hojas y a los 90 se presentó un marchitamiento generalizado. Quispe (2013) indica que las estacas de mayor longitud tienen una mayor cantidad de reservas y energía. Al utilizar estacas de 10 a 20 cm de longitud, se observó que el mayor número de hojas se registró en estacas más largas, siendo el tratamiento con extracto de sauce el que arrojó el mejor resultado, con un promedio de 8,30 hojas en la especie *Polylepis besseri.* En el caso del presente estudio en el ensayo 1, la longitud de las estacas era de 10 a 15 cm, lo que pudo haber contribuido a la supervivencia de las estacas durante el experimento. En el ensayo 2, la longitud de las estacas fue de 10 cm a 15 cm y el tiempo más corto siendo de 43 días compartiendo semejanza con los datos registrados en el ensayo 1 respecto a supervivencia de hojas.

Espejo (2015) realizó un estudio sobre el impacto de la longitud de las estacas en la formación de brotes. A los 120 días, se observó que los tratamientos A2B2 (Parque) y A2B1 (Rapid Root), utilizando esquejes de 30 cm, presentaron la mayor cantidad de brotes por esqueje, con 5,12 y 4,45 brotes respectivamente. En cambio, los tratamientos con esquejes de 15 cm mostraron una ligera disminución en el número de brotes: A1B2 (Parque) con 3,22 brotes y A2B3 (Agua de coco) con 2,85 brotes. El tratamiento con el menor número de brotes fue A1B0 (Esqueje de 15 cm + Testigo) con 1,92 brotes por esqueje en la especie *Polylepis racemosa*. Este estudio concluyó que la aplicación de enraizadores favoreció significativamente el desarrollo del sistema radicular, el desarrollo inicial temprano y una mayor supervivencia. Por lo tanto, los tratamientos con enraizadores reportaron mejores resultados que el testigo.

Por otro lado, Renison et al (1998) realizaron un estudio en el que no se encontró una diferencia significativa en el porcentaje de supervivencia entre las estacas con raíces y sin raíces (prueba de Chi cuadrado: $\chi^2 = 2{,}72$, G.L. = 1, P = 0,10). Además, las estacas tratadas con hormonas mostraron una menor supervivencia en comparación con las que no recibieron tratamiento.

En el presente estudio se llevó a cabo una prueba estadística DBCA en ambos ensayos (1 y 2), obteniéndose los siguientes resultados: ensayo 1 ($P > 5.18\times10^{-9}$) y ensayo 2 ($P > 4.3496\times10^{-6}$). Estos valores indican que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, sugiriendo que existe una diferencia significativa entre los tratamientos.

La prueba de especificidad LSD de Duncan mostró que, en el ensayo 1, el tratamiento LE3 presenta una diferencia significativa en la supervivencia de las hojas cuando se compara con varios otros tratamientos (AE3, LE1, KE3, KE2, KE1). En el ensayo 2, el tratamiento AE2 presenta una diferencia significativa en la supervivencia de las hojas en comparación con los tratamientos AG, LE3 y LE1, indicando que AE2 tiene un efecto distintivo sobre la supervivencia de las hojas en comparación con estos otros tratamientos si comparamos el resultado producto de la prueba de Duncan con figura 20 podemos observar que este tratamiento presento una marchites de sus hojas muy pronto lo cual indicaría que es el tratamiento menos eficiente.

Es importante destacar que se realizaron dos pruebas de Duncan, una incluyendo al control y la otra excluyéndolo, en ambos ensayos. Esto se debió a que la primera prueba de Duncan mostró que el control era el tratamiento con mayor significancia. Se decidió realizar un segundo análisis sin control para observar si había diferencias significativas y determinar el tratamiento más eficaz.

La prueba estadística DBCA en ambos ensayos (1 y 2) mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 5.18\times10^{-9}$ para ensayo 1 y $P < 4.3496\times10^{-6}$ para ensayo 2), lo que sugiere que los tratamientos evaluados tienen un impacto diferenciado en la supervivencia de las hojas. La prueba de especificidad LSD de Duncan identificó tratamientos específicos (LE3 en el ensayo 1 y AG en el ensayo 2) que mostraron una mayor efectividad en la supervivencia de las hojas en comparación con otros tratamientos.

5.3.3 Longitud raíz.

	Tratamiento LE2 ENSAYO 1 Descripción: Se observa una estaca de unos 10 cm de largo. El cual presenta unas 2 raíces laterales emergidas cada una de aproximadamente 15 cm de largo Las raíces emergentes suelen ser de un color blanco son delgadas y filiformes. Se observa la presencia de pelos radiculares finos y ramificaciones secundarias y terciarias (raíces producto de un nudo)

Tabla 11. Estaca con raíz desarrollada bajo el tratamiento LE2 ensayo 1.

	Tratamiento LE2 ENSAYO 1 Descripción: Se observa una estaca de aproximadamente 15 cm de largo. Con una raíz lateral emergida de unos 5 cm de largo y blanco cremoso ligeramente amarillo. Se observa un engrosamiento cerca a la base y una ligera ramificación delgada (raíces producto de un nudo)

Tabla 12. Estaca con raíz bajo el tratamiento LE2 ensayo 1.

	TRATAMIENTO LE2 Descripción: Se puede observar una estaca de un tamaño aproximado 13 cm con una raíz lateral de color blanco cremoso ligeramente amarrillo con leves ramificaciones producto de un nudo

Tabla 13. Estacas con raíz bajo el tratamiento LE2 ensayo 2.

	TRATAMIENTO AG Descripción: Se pueden observar una estaca de 10 cm de largo. El cual presenta una raíz lateral de color blanco cremosos con ligeras ramificaciones (producto de un nudo)

Tabla 14. Estacas con raíz bajo el tratamiento AG ensayo 2.

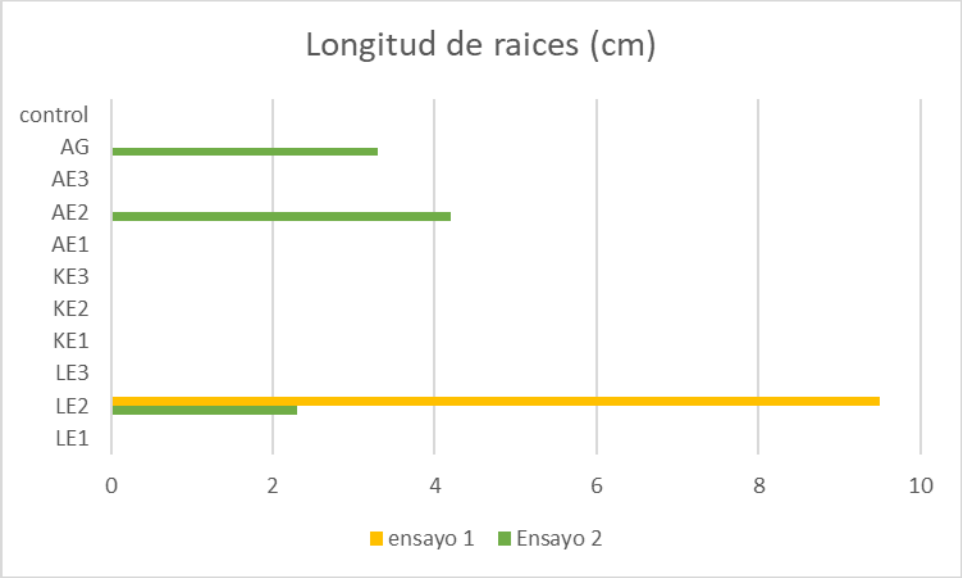


Figura 25. Longitud de la raíz en estacas del ensayo 1 y 2.

Se observa que el tratamiento con la longitud de raíz más larga es AE2, con 4 cm, seguido por AG con 3.3 cm. En comparación, el grupo de control no presentó estacas con raíces desarrolladas.

Con respecto a la formación de raíces en las estacas con tratamientos fitohormonales. Se observa que el tratamiento con la longitud de raíz más larga en el segundo ensayo al cabo de 30 días es AE2, con 4.1 cm, seguido por AG con 3.3 cm. En comparación, el grupo de control

no presentó estacas con raíces desarrolladas. Este resultado puede deberse a la duración del ensayo experimental (30 días) .Ya que (Harttman et al 1999) realizo una prueba de Duncan para medir si la longitud de la raíz a los 120 días cambia si los esquejes son tomados de diferentes longitudes arrojando como resultado que los esquejes de 15 cm de longitud experimentaron mayor crecimiento longitudinal de raíz, con un promedio de 10,76 cm ubicados en el primer rango, por tanto, los esquejes de 30 cm reportaron un menor crecimiento en longitud con un promedio de 8,38 cm ubicados en el segundo rango.

Quispe (2013) destaca que las variaciones en la longitud de las raíces están principalmente influenciadas por los enraizadores naturales, con una concentración significativa de auxinas y giberelinas que son fundamentales para el proceso de enraizamiento. En el ensayo 2 de este estudio, se observó el desarrollo variable de las raíces en las estacas, donde la longitud de la raíz varió dependiendo del tratamiento. Por ejemplo, el tratamiento AE2 registró una longitud promedio de 4.1 cm, seguido de AG con 3.4 cm, y finalmente LE2. Estos resultados se evaluaron después de 30 días. Sin embargo, estos hallazgos contrastan con los de Quispe (2013), mencionando el estudio de León (2008) sobre la propagación de especies de *Polylepis racemosa* e *incana.* León encontró que con la aplicación de té de estiércol se logró una longitud promedio de raíz de 8.8 cm y 7.4 cm con Roomots, mostrando un desarrollo superior en comparación con *P. quadrijuga* en este estudio. En el ensayo 1, la longitud de la raíz también varió, destacándose el tratamiento LE2 con un individuo que desarrolló una raíz notable de 20 cm, y otro una de 4 cm. Este mayor desarrollo podría atribuirse al período prolongado del ensayo; no obstante, los datos obtenidos no son concluyentes y se sugieren estudios adicionales al respecto. Ambos ensayos en este estudio implementaron la aplicación de la fitohormona Kinetina, la cual mostró una baja tasa de enraizamiento, resultado similar al reportado por Chicaiza et al (2023), quienes encontraron un efecto significativo de las citoquininas en el tiempo de emisión de raíces, con una media de 86 días.

5.3.4 Numero de Estacas con primordios radiculares ensayo 2.

	TRATAMIENTO LS2 Descripción: Se puede observar el extremo apical de una estaca de aproximadamente 15 cm. La presencia de unas protuberancias de color blanco crema llamadas chichones son primordios radiculares donde va a dar paso a la formación de raíces adventicias. Estas se originad debajo del ritidoma exfoliante o también conocido como laminas

Tabla 15. Estacas con primordios radiculares bajo el tratamiento LE2 ensayo 2.

5.3.5 Tratamientos con primordios radiculares.

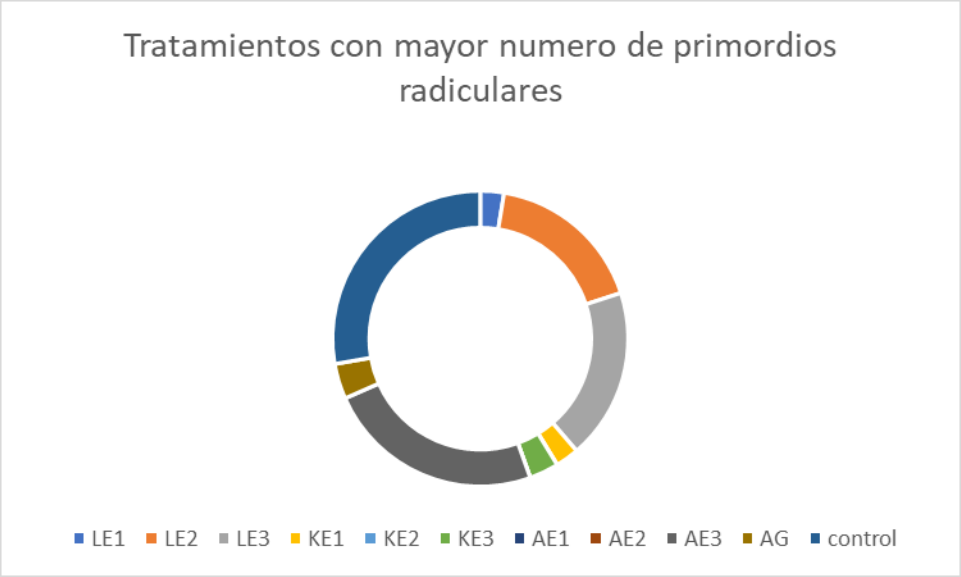


Figura 26. Número de primordios radiculares por tratamiento ensayo 2.

En este caso, se observa que el tratamiento AE3 mostró la mayor cantidad de primordios radiculares, con un total de 37. Otros tratamientos que también registraron un elevado número de primordios radiculares fueron LE2 y LE3. En comparación, el grupo de control presentó 43 primordios radiculares, siendo este el mayor número registrado.

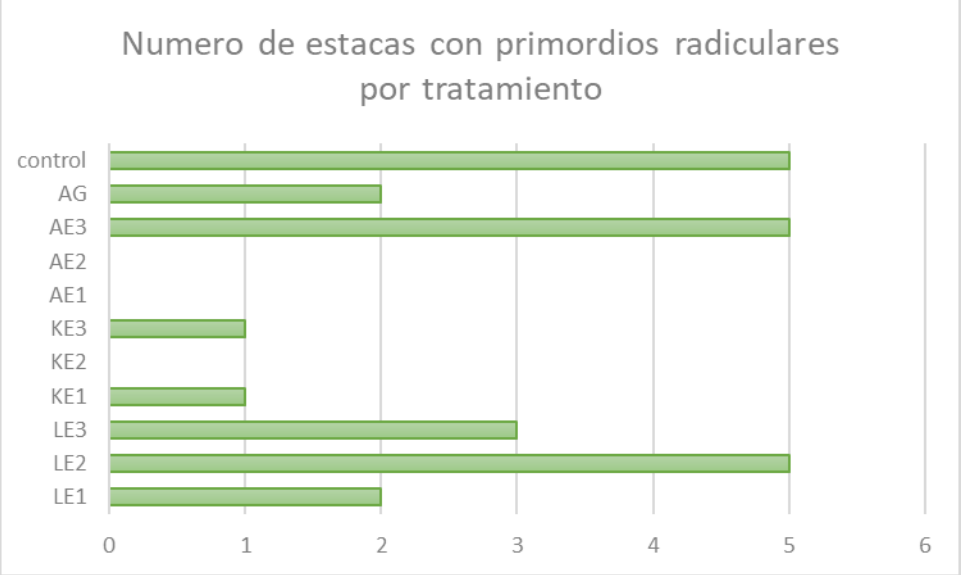


Figura 27. Número de estacas con primordios radiculares ensayo 2.

En esta ocasión, se observa que los tratamientos LE2 y AE3 mostraron la mayor cantidad de estacas con primordios radiculares, con un total de 5 estacas cada uno. Este resultado es muy

similar al observado en el grupo de control, donde también se registraron 5 estacas con primordios radiculares.

Las plantas contienen auxinas de forma natural en sus yemas y hojas, y estas hormonas se trasladan más fácilmente a las raíces que a los ápices del tallo. La aplicación externa de hormonas de enraizamiento acelera el crecimiento radicular, incrementando tanto la cantidad como la longitud de las raíces. Durante la formación de raíces adventicias en tallos tratados con auxinas, las células inicialmente se dividen de manera desorganizada, formando una masa de tejido similar a un tumor, conocida como callo, que posteriormente da lugar a los primordios radiculares. Domínguez (2020). En el segundo ensayo encontramos estacas con primordios radiculares, como se muestra en la figura al cabo de 30 días de sembradas, en algunos casos se emplearon tratamientos con fitohormonas. En este caso, se observa que el tratamiento AE3 mostró la mayor cantidad de primordios radiculares, con un total de 37. Otros tratamientos con elevado número de primordios radiculares fueron LE2 con 27 y LE3 29. En comparación, el grupo de control presentó 43 primordios radiculares, siendo este el mayor número registrado. Un tratamiento que dio un bajo número de primordios radiculares el AG (ácido giberélico), este resultado puede deberse a que las giberelinas regulan la síntesis de ácido nucleico y proteínas, y pueden inhibir la formación inicial de raíces, influyendo en estos procesos. Además, promueven la germinación de semillas, inducen la brotación de yemas, estimulan el crecimiento de hojas, la floración y el desarrollo de frutos, y afectan el crecimiento y la diferenciación de las raíces. Domínguez (2020). Y el tratamiento AE3 presenta el mayor número de primordios después del control en comparado con Callisaya (2013) menciona que Hoyos (2004) obtuvo un 55% de prendimiento con la aplicación de ANA (ácido naftalenacetico) en la propagación de *Polylepis tarapacana.*

6. CONCLUSIONES.

Se logro evaluar las diferencias en la propagación de la especie *P. quadrijuga* con 3 fitohormonas (Kinetina, Acido naftalenacetico y agua de lenteja) por medio de graficas descriptivas y análisis estadísticos. Para el caso de las semillas las fitohormonas aplicadas no demostraron cambios significativos en la germinación, longitud del tallo, diámetro del tallo y raíz. Para las estacas se mostró que la aplicación de fitohormonas para sobrevivir de las hojas de las estacas si tuvo un resultado significativo siendo el tratamiento (Prueba de Duncan): LE3 y AG (ensayo 2) los que mostraron ser más eficientes que el resto en este aspecto.

Los resultados de los ensayos muestran que la germinación de *Polylepis quadrijuga* puede ser tan baja como entre 1.25% y 3.75%. La prueba de chi cuadrado indica que no hay diferencias significativas en la germinación entre los grupos analizados, sugiriendo una alta proporción de semillas inviables como factor limitante.

Los resultados obtenidos son consistentes con investigaciones previas realizadas por (Mollohuanca et al 2021) en *Polylepis rugulosa*, donde varios tratamientos químicos no mostraron diferencias significativas en la longitud del tallo en comparación con el control. Esto sugiere que ciertos tratamientos químicos pueden no influir significativamente en el crecimiento del tallo en especies de *Polylepis*.

Los resultados de los ensayos indican que los tratamientos a base de fitohormonas no fueron muy efectivos en la promoción del enraizamiento de las estacas de *Polylepis quadrijuga*. Esto se evidencia en los bajos porcentajes de prendimiento observados en el ensayo 1 (0.83%) y el ensayo 2 (10%).

Los tratamientos LE2, LE3 y AE3 del ensayo 1 mostraron una alta tasa inicial de supervivencia de hojas, similar al grupo de control a los 30 días. Sin embargo, con el tiempo, las hojas comenzaron a marchitarse gradualmente, siendo muy pocas las estacas con hojas a

los 75 días y un marchitamiento generalizado a los 90 días. Este patrón sugiere que, aunque algunos tratamientos inicialmente promueven la supervivencia de las hojas, el efecto es temporal y no sostenible a largo plazo

la aplicación de fitohormonas como las auxinas puede ser efectiva para promover la formación de raíces adventicias en estacas de *Polylepis*, con tratamientos específicos como AE3 mostrando resultados prometedores en la formación de primordios radiculares. La selección adecuada de tratamientos y la comprensión de los mecanismos hormonales son fundamentales para mejorar las técnicas de propagación vegetativa en programas de conservación y restauración de especies como *Polylepis*.

La aplicación de Kinetina en ambos ensayos mostró una baja tasa de enraizamiento, similar a lo reportado en otros estudios donde las citoquininas afectaron el tiempo de emisión de raíces, pero no promovieron un crecimiento radicular significativo en el período evaluado.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda recolectar las semillas de *Polylepis quadrijuga* en poblaciones ubicadas en bosques extensos y naturales, donde la intervención humana haya sido mínima. Es preferible evitar la recolección en bosques fragmentados o en árboles aislados, dado que las poblaciones grandes suelen conservar una diversidad genética más robusta y saludable.

Es crucial seleccionar individuos jóvenes para la recolección de semillas, ya que suelen poseer semillas de mejor calidad y mayor viabilidad. Posterior a la recolección, se aconseja realizar un tamizado para separar las semillas de mejor calidad. Las semillas más adecuadas son aquellas más grandes, con púas firmes y un peso considerable, aproximadamente de 5 mg o más, características que indican un buen potencial germinativo y de desarrollo.

Además, es fundamental verificar que las semillas seleccionadas no floten en el agua, lo que podría indicar inviabilidad o problemas de desarrollo. Esta cuidadosa selección de semillas es crucial para garantizar el éxito en los programas de propagación y conservación de *Polylepis quadrijuga.*

Para la obtención de estacas, se recomienda utilizar ramas terminales cercanas a la copa del árbol de *Polylepis quadrijuga.* Estas ramas suelen presentar un crecimiento más vigoroso y están menos expuestas a daños o enfermedades que las ramas más viejas o cercanas al suelo. Es importante que las estacas no excedan los 15 cm de longitud, ya que las más cortas tienen mayor probabilidad de enraizar exitosamente y desarrollar sistemas radiculares robustos.

Además, se aconseja seleccionar ramas con un color café claro, indicativo de un crecimiento activo y mayor probabilidad de enraizamiento exitoso. Idealmente, estas ramas deben tener poco desarrollo del ritidoma, es decir, una corteza menos desarrollada y más suave, facilitando así el desarrollo de las estacas.

Esta selección meticulosa de estacas siguiendo estos criterios puede contribuir significativamente a mejorar las tasas de éxito en los programas de propagación y establecimiento de *Polylepis quadrijuga* en viveros y proyectos de restauración ecológica.

Además de las concentraciones utilizadas en este estudio y en investigaciones previas, se recomienda investigar una gama más amplia de concentraciones de fitohormonas. Esto permitirá identificar los rangos óptimos donde las fitohormonas puedan maximizar el crecimiento, la germinación y el desarrollo de *Polylepis quadrijuga* sin causar efectos adversos.

Es fundamental estudiar cómo diferentes concentraciones de fitohormonas afectan distintas etapas del desarrollo de *Polylepis quadrijuga*. Por ejemplo, algunas concentraciones podrían favorecer la germinación de semillas, mientras que otras podrían influir más en el enraizamiento de estacas o en el crecimiento de plántulas.

Finalmente, replicar los experimentos con diferentes lotes de semillas y estacas de *Polylepis quadrijuga* es esencial para contrastar los resultados y asegurar que las observaciones sean robustas y replicables.

8. BIBLIOGRAFÍA.

Arroyo, S. (2015). Morfológica y Fisiología y Fisiología de tres especies de *Polylwpia P.* microphylla (Wedd.), *P. racemosa* Ruiz & Pav. y P. subsericans J.F. Macbr. (Rosácea) en tres niveles altitudinales, en yanacocha, Urubamba-Cusco. https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3387?locale-attribute=en

Arellano Peña, H., & Rangel, J. O. (2007). Esperanza para los bosques de *Polylepis*: Los bosques de *Polylepis* en Colombia: riqueza y amenazas para su conservación. DOI:10.13140/ProAves

Calle Peralta, J. L. (2012). Propagación vegetativa de la cantuta (Cantua buxifolia) con fitohormonas naturales y sintéticas en vivero, Achocalla, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/4377

Castro Garibay, Sandra Luz, Villegas Monter, Ángel, & Cruz Larios, Iris Jacaranda. (2023). Concentración de Kinetina y tipo de explante en la multiplicación in vitro de Sequoia sempervirens (D. Don). Endl. Polibotánica, (55), 81-94. Epub 26 de mayo de 2023.https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.6.

Chicaiza Pilacuan, S. J., & Realpe Bustillos, F. K. (2023). Evaluación de explantes de dos especies de Yagual (*Polylepis reticulata y Polylepis incana* Kunth), mediante propagación in vitro utilizando tres diferentes citoquininas en cuatro dosis, en Laguacoto II, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar. Universidad Estatal de Bolívar. https://dspace.ueb.edu.ec/browse?type=author&order=ASC&rpp=20&value=Chicaiza+Pilacuan%2C+Sheyla+Jackeline

Cuyckens, G. A. E., & Renison, D. (2018). Ecología y conservación de los bosques montanos de *Polylepis*: Una introducción al número especial. Ecología Austral, 28(1), 249-261. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2018000200001

Domínguez Santisteban, G. M. (2020). Efecto de los sustratos en la propagación vegetativa por esquejes del quenual (*Polylepis incana)* en condiciones de vivero en la localidad de Huacrachuco-Marañón-2018 Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Asesora: Mg. Liliana Vega Jara, Huánuco, Perú. https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6614

Espejo Ticona, E. (2015). Evaluación de la eficiencia de cuatro enraizadores y dos longitudes de corte para la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis racemosa subespecie triacontandra*) a nivel vivero, en el municipio de El Alto. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/6867

Guio, P., Pinilla, A., Ballestreros, H., Espíndola, J., 2020. Plan de Manejo del Parque Nacional Natural. https://old.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2020/07/PM-PNN-Pisba_-julio-31-de-2020.pdf

Hartmann, H., Kester, D. (1990). Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4a. impresión. México: CECSA. https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1510

Huayta Hinojosa, L. D. (2023). Estandarización de métodos de propagación sexual de *Polylepis flavipila* (Bitter) M. Kessler & Schmidt-Leb. con fines de reforestación y restauración de ecosistemas de montaña. Universidad Nacional del Centro del Perú, Cayo, Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/10119

Jardín Botánico Eloy Valenzuela. (2018). Protocolo de propagación de la especie *Polylepis quadrijuga* Bitter. Floridablanca.

http://www.cdmb.gov.co/images/documentos/tematicas/biodiversidad/indicador_4_protocolo_de_propagacion_de_polylepis_quadrijuga_octubre.pdf

Mollohuanca Ccuno, C., Mayta Anco, L., & Bardales Álvarez, R. (2021). Reguladores de crecimiento (BAP y ANA) en la propagación in vitro de queñoa (*Polylepis rugulosa* Bitter). Manglar, 18(2), 207-213. http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.028

Moreno González, J. C., & Romero Quintero, K. T. (2022). Propagación asexual de *Polylepis quadrijuga* (Bitter) y presencia de hongos micorrícicos asociados a la rizosfera de la especie en el Santuario de Fauna y Flora Guanentá Alto Río Fonce. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/30948

Pedroza-Manrique, J. A., & Bejarano-Tibocha, A. (2008). Propagación vegetativa in vitro de Puya santossi. Revista Colombiana de Biotecnología, X (1), 36-48. https://www.redalyc.org/pdf/776/77610104.pdf

Pérez, L. Velasco, P. (2021). Viveros de páramo para la restauración ecológica. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 47 pg. https://repository.humboldt.org.co/entities/publication/abd19c61-329a-40c7-882b-5f67a623b0f1

Quispe Callisaya, M. E. (2013). Propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis besseri* Hieron) en base a la aplicación de dos enraizadores naturales y tres tipos de sustratos en el vivero de la comunidad de Huancané. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4136

Quispe Mendoza, M. R. (2021). Propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis incana)* con aplicación de enraizadores naturales en condiciones de vivero Patan, Haquira –

Apurímac. Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua, Perú. https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1515

Rangel, J. O., & Arellano Peña, H. (2010). Bosques de *Polylepis*: un tipo de vegetación condenado a la extinción. Nuevo Estándar Biotropical NEBIOT, 64. https://www.researchgate.net/publication/313693515_BOSQUES_DE_POLYLEPIS_UN_TIPO_DE_VEGETACION_CONDENADO_A_LA_EXTINCION

Renison, D., & Cingolani, A. M. (1998). Experiencias en germinación y reproducción vegetativa aplicadas a la reforestación con *Polylepis australis* (Rosaceae) en las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. AGRISCIENTIA, 15 (1), 47-53. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2607

Torres Torres, M., & Poveda Lanchero, M. (2017). Evaluación de dos tipos de hormonas (natural extracto de lenteja (Lens culinaris) comercial Hormonagro ingrediente activo ácido alfa naftalenacético) en la propagación de Agraz (Vaccinium meridionale. Swartz) para el enraizamiento de estacas en el municipio de Saboya (Boyacá). Prospectiva Científica. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26918

Tovar Tovar, J. J. (2022). Efecto de las fitohormonas ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) para la propagación de esquejes de patita de paloma (Iresine herbstii). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Mocache, Los Ríos, Ecuador. https://repositorio.uteq.edu.ec/items/50c31818-2c03-4c45-8991-fc9b47723fe9

Valenzuela Gavilima, S. R. (2014). Propagación vegetativa de yagual (*Polylepis incana* Kunth) mediante la aplicación de tres niveles de enraizadores y tres sustratos. Vivero La Magdalena. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias

y Ambientales, Carrera de Ingeniería Forestal. Director: Ing. For. Segundo Fuentes Cáceres MSc, Ibarra, Ecuador. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4325

Vargas Chávez, J. R. (2017). Enraizamiento del quinual (*Polylepis racemosa*) con dos métodos de propagación vegetativa en dos tipos de sustrato en condiciones agroecológicas de Baños Lauricocha, Huánuco. Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, Facultad de Ciencias Agrarias. Huánuco, Perú. https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8070

Vidal Rivera, M. V. (2014). Propagación in vitro de lima ácida (Citrus aurantiifolia [Christm.] Swingle) - variedad Tahití - a partir de segmentos nodales. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/9008ae67-f26b-4c5e-8721-93e3ce33a53c/download

Vásquez Villarreal, C. H. (2019). Efecto de enraizadores naturales y sintéticos en la propagación vegetativa de dos especies de quinual (*Polylepis* sp.) en condiciones de vivero de Llihuari – Santa María del Valle - Huánuco, 2018. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7162

Yana Ticona, M. (2021). Fitohormona enraizante orgánica y química en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* Wedd) en el vivero Alto Huenque de la provincia de Chucuito – región Puno. Universidad Nacional de Juliaca, La Paz, Bolivia. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3352050

Zegarra Amézquita, K. L. (2014). Establecimiento in vitro de yemas y efecto de reguladores de crecimiento ANA y BAP en la micropropagación de *Polylepis rugulosa* (queñua) de zonas altoandinas de Arequipa. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias Farmacéuticas Bioquímicas y Biotecnológicas, Programa Profesional de Ingeniería

Biotecnológica, Arequipa, Perú. https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/c85401e8-cdb4-4b09-8c8b-31856f375262