



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFEECTO DE DOSIS DE MICORRIZAS Y SUSTRATOS
ORGÁNICOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE
QUEÑUA (*Polylepis* sp.) EN CONDICIONES DE AMBIENTE
CONTROLADO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YIMI BREYMER RAMOS ROSEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EFFECTO DE DOSIS DE MICORRIZAS Y SU
STRATOS ORGÁNICOS EN EL ENRAIZAM
IENTO DE ESQUEJES DE QUEÑUA
(Polylepis sp) EN CONDICIONES DE
AMBIENTE CONTROLADO**

AUTOR

YIMI BREYMER RAMOS ROSEL

RECuento DE PALABRAS

25624 Words

RECuento DE CARACTERES

134342 Characters

RECuento DE PÁGINAS

140 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 18, 2024 2:00 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 18, 2024 2:02 PM GMT-5

● 16% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)



ING. M. Sc. L. AMILCAR BUENO MACEDO
REG. CIP. 22203



DR. ISRAEL LIDIA MEDINA

Resumen



DEDICATORIA

Quiero iniciar este dedicatorio a mi familia; a ellos, quienes han sido fuentes inagotables de apoyo y sacrificio, guiando mis pasos y sosteniendo este camino académico, especialmente a mis hermanos, cuyo aliento y comprensión han sido un bálsamo en los momentos de desafío.

También va dedicado a los compositores de música clásica, cuyas sinfonías han trascendido el tiempo y el espacio, inspirándome en la redacción. A través de sus composiciones, encuentro la melodía en el rigor académico y la sinfonía en el conocimiento. Que su genialidad sirva como fuente de inspiración constante, recordándonos la importancia de la creatividad y la perseverancia en la búsqueda del conocimiento.

La presencia de todos ellos ha convertido esta travesía en una experiencia rica en aprendizaje y momentos compartidos.

Yimi Breymer Ramos Rosel



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por proporcionarme el entorno propicio para mi desarrollo académico.

A mi director de tesis Dr. Israel Lima Medina, a los miembros del jurado: M. Sc. Héctor Pablo Gonzales Diabuno, Dr. Felix Alonso Astete Maldonado, M. Sc. Saturnino Marca Vilca, cuya colaboración y aportes han enriquecido significativamente este trabajo, brindando perspectivas valiosas que han fortalecido sus fundamentos.

Agradezco a cada persona, compañeros y amigos de la universidad que, de una u otra manera, han contribuido a este proyecto, haciéndolo posible. Esta tesis es el resultado de esfuerzos colectivos y aprendizaje compartidos

Con admiración y respeto, agradezco a aquellos cuyas enseñanzas han dado forma a mi entendimiento del mundo y han influido en cada línea que ahora presento. Que este trabajo sea una pequeña contribución al conocimiento y un reconocimiento sincero a quienes han sido parte fundamental de mi viaje académico

Yimi Breymer Ramos Rosel



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES	22
2.2 MARCO TEORICO	30
2.2.1 Origen y distribución de la queñua	30
2.2.2 Clasificación taxonómica.....	33
2.2.3 Clima y suelo	33
2.2.4 Importancia ecológica.....	34



2.2.5	Descripción botánica.....	34
2.2.6	Principales usos de la queñua.....	36
2.2.7	Propagación del género <i>Polylepis</i> sp.....	36
2.2.8	Consideraciones sobre la fisiología en el enraizamiento	39
2.2.9	Muerte celular programada en las plantas.....	42
2.2.10	Enfermedades y plagas que se presentan en el enraizamiento	43
2.2.11	Plagas que se presentan en la materia orgánica	43
2.2.12	Factores abióticos en la propagación	45
2.2.13	Factores bióticos en la propagación	46
2.2.14	Enraizantes naturales con fertilizantes	47

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	MATERIALES.....	49
3.1.1	Equipos	49
3.1.2	Insumos	49
3.1.3	Herramientas de campo	49
3.1.4	Materiales de escritorio.....	50
3.1.5	Programas	50
3.2	LUGAR DE INVESTIGACIÓN.....	50
3.2.1	Ubicación política	50
3.2.2	Ubicación geográfica	51
3.2.3	Características del ambiente controlado	51



3.3	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	51
3.3.1	Temperaturas registradas:	51
3.3.2	Humedad relativa registrada	52
3.3.3	Análisis de fertilidad del suelo agrícola y los sustratos orgánicos	53
3.3.4	Análisis físico - químico del agua de riego.....	56
3.3.5	Preparación de los sustratos	57
3.3.6	Preparación de los hongos micorrícicos	59
3.3.7	Recolección del material biológico.....	59
3.3.8	Plantación.....	62
3.3.9	Riegos	63
3.3.10	Control de malezas.....	63
3.4	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO	64
3.5	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL.....	64
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	66
3.7	EVALUACIONES REALIZADAS	67
3.7.1	Probabilidad de sobrevivencia	67
3.7.2	Prendimiento y longitud de brote.....	67
3.7.3	Número de hojas	67
3.7.4	Diámetro y altura de callo.....	68

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	PRENDIMIENTO DE ESQUEJES Y TIEMPO DE ENRAIZAMIENTO. 69
------------	---



4.2	LONGITUD DE BROTES:	76
4.2.1	Primera evaluación de Longitud de brotes (30 días)	76
4.2.2	Segunda Evaluación de longitud de brotes (60días).....	77
4.2.3	Tercera evaluación de Longitud de brotes (90 días).....	79
4.3	NÚMERO DE HOJAS:	82
4.3.1	Primera evaluación (30 días)	82
4.3.2	Segunda evaluación (60 días)	84
4.3.3	Tercera Evaluación (90 días)	86
4.4	DIÁMETRO Y ALTURA DE CALLO:	89
4.4.1	Diámetro de callo (60 días).....	89
4.4.2	Altura de callos (60 días)	91
4.4.3	Diámetro de callo (90 días).....	93
4.4.4	Altura de callo (90 días).....	95
V.	CONCLUSIONES:	98
VI.	RECOMENDACIONES	100
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	101
ANEXOS:	115

ÁREA: Ciencias Agrícolas

TEMA: Manejo Agronómico de Hortalizas, Forestales, Plantas Ornamentales,
Aromáticas y Medicinales

Fecha de sustentación: 29 de enero del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución y descripción de especies de <i>Polylepis</i>	32
Tabla 2. Análisis de fertilidad del suelo agrícola experimental	54
Tabla 3. Análisis de las características físicas químicas de los sustratos experimentales	55
Tabla 4. Análisis físico – químico del agua usado para riego	56
Tabla 5. Descripción de las variables en estudio.....	64
Tabla 6. Análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar.....	67
Tabla 7. Análisis de varianza para la longitud de brotes a los 30 días de evaluación ..	76
Tabla 8. Análisis de varianza de longitud de brote a los 60 días de evaluación	78
Tabla 9. Prueba de Tukey para la longitud de brote a los 60 días de evaluación.....	78
Tabla 10. Análisis de varianza en longitud de brotes a los 90 días de evaluación	79
Tabla 11. Prueba de Tukey para lo longitud de brotes a los 90 días de evaluación	80
Tabla 12. Resultados de análisis de varianza en las evaluaciones realizadas.....	82
Tabla 13. Análisis de varianza para número de hojas a los 30 días evaluación	82
Tabla 14. Análisis de varianza para el número de hojas a los 60 días de evaluación ..	84
Tabla 15. Prueba de Tukey para el número de hojas a los 60 días de evaluación.....	85
Tabla 16. Análisis de varianza para el número de hojas a los 90 días de evaluación ..	87
Tabla 17. Prueba de Tukey para el número de hojas a los 90 días de evaluación.....	88
Tabla 18. Análisis de varianza para el diámetro de callo a los 60 días de evaluación .	90
Tabla 19. Prueba de Tukey para el diámetro de callo a los 60 días de evaluación.	91
Tabla 20. Análisis de varianza para altura de callo a los 60 días de evaluación	92
Tabla 21. Prueba de Tukey para la altura de callo a los 60 días de evaluación.....	92



Tabla 22. Análisis de varianza de diámetro de callo a los 90 días de evaluación	94
Tabla 23. Prueba de Tukey para diámetro de callo a los 90 días de evaluación	94
Tabla 24. Análisis de varianza para altura de callo a los 90 días de evaluación	95
Tabla 25. Prueba de Tukey para la altura de callo a los 90 días de evaluación.....	96



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Formación de raíces adventicias en un ramo. A: Sección trasversal con primordios de raíz. B: Nódulos radicales. C: Raíces formadas en una estaquilla leñosa. Fuente: (Urbina-Vallejo, 2005).....	40
Figura 2. Promedios de temperatura máxima, media y mínima en el ambiente controlado durante el periodo de diciembre del 2022 hasta marzo del 2023	52
Figura 3. Promedios de humedad relativa máxima, media y mínima en el ambiente controlado durante el periodo de diciembre del 2022 hasta marzo del 2023	53
Figura 4. Premezclado de sustrato orgánico de suelo agrícola y estiércol de ovino	57
Figura 5. Proceso de mezcla de sustrato orgánico de suelo agrícola y estiércol vacuno	58
Figura 6. Cálculo del peso de sustrato en las bolsas de repique	58
Figura 7. Mapa de ubicación del bosque de <i>Polylepis sp.</i>	60
Figura 8. A) Bosque de <i>Polylepis sp.</i> B) Recolección de esquejes el día 22 de diciembre del 2022 de un bosque del distrito de Lampa, provincia de Lampa del departamento de Puno.	61
Figura 9. Estratificación de esquejes en agua por 24 horas.	62
Figura 10. Plantación de esquejes el día 23/12/2022.....	63
Figura 11. Presencia de malezas en algunas unidades experimentales.	64
Figura 12. Distribución de los tratamientos.....	65
Figura 13. Características de una unidad experimental	66
Figura 14. Probabilidad de supervivencia de esquejes de queñua.....	70



Figura 15. Muerte celular programada de un esqueje. A: esqueje a los 25 días después de la plantación, B: esqueje a los 45 días de plantación, C: esqueje a los 73 días de plantación, D: muerte de esqueje a los 90 días de plantación	75
Figura 16. Longitud de brote a los 30 días de evaluación	77
Figura 17. Número de hojas a los 30 días de plantación	83



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Datos de esquejes con prendimiento a los 30, 60 y 90 días evaluación.....	115
Anexo 2. Datos obtenidos de la longitud de brotes a los 30 días de evaluación.	116
Anexo 3. Datos obtenidos de la longitud de brotes a los 60 días de evaluación.	116
Anexo 4. Datos obtenidos de la longitud de brotes a los 90 días de evaluación.	117
Anexo 5. Datos obtenidos del número de hojas a los 30 días de evaluación.	117
Anexo 6. Datos obtenidos del número de hojas a los 60 días de evaluación.	118
Anexo 7. Datos obtenidos del número de hojas a los 90 días de evaluación.	118
Anexo 8. Datos obtenidos del diámetro de callo a los 60 días de evaluación.	118
Anexo 9. Datos obtenidos del diámetro de callo a los 90 días de evaluación.	119
Anexo 10. Datos obtenidos de altura de callo a los 60 días de evaluación.	119
Anexo 11. Datos obtenidos de altura de callo a los 90 días de evaluación.	120
Anexo 12. Prueba de Tukey para longitud de brote a los 30 días de evaluación.	120
Anexo 13. Prueba de Tukey para número de hojas a los 30 días de evaluación.	121
Anexo 14. Prueba de Tukey para número de hojas a los 30 días de evaluación.	121
Anexo 15. Análisis de fertilidad de suelos	122
Anexo 16. Análisis de las características físicas y químicas de los sustratos.	123
Anexo 17. Análisis físico - químico de agua usada para riego.....	124
Anexo 18. Longitud de brote a los 60 días de evaluación.....	125
Anexo 19. Longitud de brote a los 90 días de evaluación.....	125
Anexo 20. Número de hojas a los 60 días de evaluación.	126
Anexo 21. Número de hojas a los 90 días de evaluación.	126
Anexo 22. Diámetro de callo a los 60 días de evaluación.....	127
Anexo 23. Altura de callo a los 60 días de evaluación.....	127



Anexo 24. Diámetro de callo a los 90 días de evaluación.....	128
Anexo 25. Altura de callo a los 90 días de evaluación.....	128
Anexo 26. Proceso del mezclado del suelo agrícola con el estiércol ovino	129
Anexo 27. Proceso del mezclado del suelo agrícola con el estiércol de alpaca	129
Anexo 28. Bolsas llenas de sustrato de suelo agrícola con estiércol vacuno listas para la plantación.....	130
Anexo 29. Esquejes plantados en las bolsas de sustrato.....	130
Anexo 30. Presencia de larvas de <i>Bitacomorpha clavipes</i> ,	131
Anexo 31. Adultos de la especie <i>Bitacomorpha clavipes</i> observados en estereoscopio	131
Anexo 32. Seta del hongo micorrízico encontrado en las bolsas de repique.....	132
Anexo 33. Medición de longitud de brote.	132
Anexo 34. Medición de diámetro de callo.....	133
Anexo 35. Medición de altura de callo	133
Anexo 36. Callos con indicios de enraizamiento	134
Anexo 37. Presencia de callos	134
Anexo 38. Formación de primeras hojas	135
Anexo 39. Formación de hojas e incremento en la longitud brote	135
Anexo 40. Cálculo de dosis de hongos micorrízicos para el tratamiento 6.....	136
Anexo 41. Cálculo de dosis de hongos micorrízicos para el tratamiento 7.....	136
Anexo 42. Presencia de setas de hongos en las bolsas del tratamiento 7	137
Anexo 43. Evaluaciones realizadas a los 30 días	137
Anexo 44. Desinfección de los esquejes con alcohol de 70°	138



ACRÓNIMOS

**:	Altamente significativo
*:	Significativo
°C:	Grados Celsius
ANOVA:	Análisis de varianza
C.M.:	Cuadrados medios
C.E.:	Conductividad eléctrica
CV:	Coefficiente de variación
cv:	Cultivar
cm:	Centímetros
cm ³ :	Centímetros cúbicos
DCA:	Diseño Completamente al Azar
sp:	Especies de
F.V.:	Fuente de variación
Fc:	F calculada
G.L.:	Grados de libertad
g:	Gramos
Kg:	Kilogramo
L:	Litro
m:	Metros
m ² :	Metros cuadrados
ml:	Milímetros



msnm:	Metros sobre el nivel del mar
MCP:	Muerte celular programada
ppm:	Partes por millón
S.C	Suma de cuadrados



RESUMEN

La propagación del género *Polylepis* se ve restringido por la escasa producción de semillas y la baja tasa de germinación de éstas. Por esas razones se plantearon los objetivos siguientes: Determinar la dosis de hongos micorrícicos y tipos de sustratos orgánicos en el enraizamiento de esquejes de queñua y evaluar las dosis de hongos micorrícicos y tipos de sustratos orgánicos en el enraizamiento de esquejes de queñua. Los esquejes de queñua se recolectaron de un bosque de *Polylepis* ubicado en el distrito y provincia de Lampa, región Puno; en el mes de diciembre, los árboles tenían de 7 a 10 años y estaban en la época de producción de frutos maduros. Los sustratos se prepararon en base a suelo agrícola y estiércol, en proporción de 4 a 1 respectivamente (80 % de suelo agrícola y 20% de estiércol). El producto que contiene los hongos micorrícicos fue el enraizante (Raiz Forte – Best Garden), usando 2.5 gramos, 5 gramos y 7.5 gramos por tratamiento. Las variables evaluadas fueron probabilidad de supervivencia utilizando el modelo “Kaplan-Meier”, el número de hojas, longitud de brote, altura y diámetro de callo, se analizó en un diseño completamente al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. El tratamiento 4 (suelo agrícola + estiércol) mostró resultados destacados, con mayor longitud de brote (4.14 cm) y número de hojas (8.50). También se observó desarrollo de callos, especialmente en el mismo tratamiento (2.05 mm de diámetro y 2.17 mm de altura). El tratamiento 7 (suelo agrícola + estiércol + micorrizas 4.5g) fue prometedor, ya que obtuvo promedios de 2.47 en longitud de brote y obtuvo promedios en diámetro y altura de callo de 1.75 mm y 1.64 mm respectivamente. En cuanto al desarrollo de hojas, el tratamiento 1 (suelo agrícola) fue significativo, con 4.22 hojas a los 90 días.

Palabras Clave: Enraizamiento, Micorrizas, *Polylepis*, Propagación asexual, Sustratos orgánicos



ABSTRACT

The propagation of the *Polylepis* genus is constrained by limited seed production and low germination rates. For these reasons, the following objectives were set: to determine the dosage of mycorrhizal fungi and types of organic substrates in the rooting of Queñua cuttings and to evaluate the effects of different doses of mycorrhizal fungi and types of organic substrates on the rooting of Queñua cuttings. The cuttings were collected from a *Polylepis* forest located in the district and province of Lampa, Puno region, in December. The trees were 7 to 10 years old and in the season of mature fruit production. Substrates were prepared based on agricultural soil and manure, in a ratio of 4 to 1, respectively (80% agricultural soil and 20% manure). The product containing mycorrhizal fungi used was the rooting agent (Raiz Forte – Best Garden), with dosages of 2.5 grams, 5 grams, and 7.5 grams per treatment. The evaluated variables included survival probability using the "Kaplan-Meier" model, number of leaves, shoot length, height and diameter of callus. The analysis was conducted in a completely randomized design with seven treatments and three repetitions. Treatment 4 (agricultural soil + manure) showed notable results, with greater shoot length (4.14 cm) and number of leaves (8.50). Callus development was also observed, especially in the same treatment (2.05 mm in diameter and 2.17 mm in height). Treatment 7 (agricultural soil + manure + mycorrhizae 4.5g) was promising, as it achieved averages of 2.47 in shoot length, and average callus diameter and height of 1.75 mm and 1.64 mm, respectively. Regarding leaf development, treatment 1 (agricultural soil) was significant, with 4.22 leaves at 90 days.

Keywords: Asexual propagation, Mycorrhizae, Organic substrates, *Polylepis* sp, Rooting



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La queñua es un árbol que se encuentra en toda la cordillera de los andes, desde el norte de Venezuela hasta Argentina. Se han registrado al menos una especie de queñua en 18 departamentos del Perú. Las especies más comunes son *Polylepis incana* y *Polylepis racemosa*, las cuales también han sido ampliamente cultivadas. Así que estas especies son frecuentes tanto en la naturaleza como en el cultivo en el Perú (Yallico, 1992). En 18 departamentos del Perú se registró al menos una especie de queñua. (*Polylepis incana* y *P. racemosa*) son las especies de alta frecuencia también han sido las más cultivadas (Huarhua, 2017). Los bosques de *Polylepis* ocupaban una superficie de 2400 hectáreas en la región Puno y de la población total a nivel nacional se tenía un 5.68% en el año 1992 (Yallico, 1992). Desafortunadamente, la práctica de talar y quemar los bosques de queñua de manera indiscriminada está poniendo en grave peligro la supervivencia de estos ecosistemas. Estas áreas forestales son vitales para restaurar y mejorar las condiciones ambientales, así como para regular los recursos hídricos y servir como hábitat para una gran variedad de especies de plantas y animales. Por lo tanto, es importante proteger estos bosques de queñua y detener su degradación para garantizar la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad del medio ambiente. Además Cabana & Lipe, (2019) indica que con al 60 % de concentración de tanino de Queñua (*Polylepis incana*) se puede lograr curtir adecuadamente en procesos de peletería. Es por estas razones que es necesario buscar técnicas de propagación, pero la limitante principal es la propagación sexual según indica Nina (1999), como se citó en Quinteros (2014), debido a que el porcentaje de germinación de sus semillas es bastante bajo, oscilando alrededor del 4 al 15%. Esto se debe a varios factores, como la dicogamia del género *Polylepis*, su



polinización anemófila y el hecho de que a menudo se encuentran en poblaciones reducidas, con pocos árboles por hectárea. Todo esto dificulta la reproducción y la regeneración natural de estos árboles, lo que puede poner en peligro su supervivencia (Yallico, 1992, como se citó en Calisaya, 1999). Otros investigadores como Davies et al., (1982) mencionan que la propagación asexual es un método muy útil para regenerar grandes cantidades de material vegetal genéticamente uniforme. Este método es ampliamente utilizado en contextos comerciales, ya que permite producir clones de alta calidad de una planta seleccionada con características deseables. De esta manera, se puede garantizar la uniformidad genética del material vegetal y se pueden obtener resultados más predecibles y consistentes en la producción de cultivos o en este caso del género *Polylepis*. Sumado a esto no existe información que relacione los hongos micorrícicos con la propagación del género *Polylepis*. Cabe indicar que tampoco existen investigaciones de la propagación de la queñua en estos tipos de sustratos orgánicos teniendo en cuenta que en la región Puno el sector pecuario con mayor población son las poblaciones de ovinos, alpacas y vacunos (Dirección Regional Agraria Puno, 2019); por estas razones es importante buscar nuevas técnicas de propagación con el objetivo de lograr una alta tasa de éxito en el enraizamiento de esquejes y obtener plantas de alta calidad en el menor tiempo posible. Esto se debe a que la propagación de plantas es esencial para la producción en masa de material vegetal y para la conservación de especies en peligro de extinción. Por lo tanto, es crucial encontrar métodos eficaces y eficientes para propagar plantas y mejorar su cultivo.

El presente trabajo de investigación pretende desarrollar en los técnicos forestales y en los agricultores de zonas altoandinas la propagación vegetativa de la queñua, esto debido a que la producción de semillas es muy esporádica y la germinación es pobre.



Es necesario aprovechar correctamente los recursos como lo son los estiércoles en la región de Puno. Con el fin de incrementar la producción de esta especie en la región de Puno, es necesario implementar practicas sencillas y económicas, como el uso adecuado de los recursos disponibles, incluyendo los estiércoles. De esta manera, se puede mejorar la calidad del sustrato y estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas de manera efectiva, lo que se traduce en una producción más abundante. Por tanto, es fundamental aprovechar estos recursos de manera eficiente para optimizar la producción de la especie en esta región. Cabe indicar que, debido a la perdida de bosques nativos por diferentes factores, es necesario implementar proyectos relacionados al incremento de áreas forestadas con especies nativas en la región andina. Estas especies son y han sido de gran utilidad para las comunidades campesinas ya que formaban parte de un ecosistema y su desaparición trajo como consecuencias distintas limitaciones para sus actividades agropecuarias.

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de la dosis de micorrizas y sustratos orgánicos en el enraizamiento de esquejes de queñua (*Polylepis* sp.) en condiciones de ambiente controlado

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la dosis de hongos micorrícicos y tipos de sustratos orgánicos en el enraizamiento de esquejes de queñua.

- Evaluar las dosis de hongos micorrícicos y tipos de sustratos orgánicos en el enraizamiento de esquejes de queñua.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Oropeza, (2016) investigó sobre la propagación vegetativa de la queñua mediante el uso de una fitohormona enraizador llamado ácido indol butírico (AIB) en diferentes concentraciones. Según sus resultados obtenidos, el tratamiento 3 (AIB 2250 ppm) mostró los mejores efectos en la propagación vegetativa mediante esquejes de queñua, contrariamente con su tratamiento testigo (0 ppm); en términos de longitud de brote, longitud de la raíz, número de brotes, peso fresco y seco de las raíces, con valores de 45.38 cm, 11.4cm, 25.9 brotes, 87.18 g y 42.58 g, respectivamente.

Yana, (2021) realizó un estudio para evaluar el efecto de diferentes fitohormonas enraizantes, tanto orgánicas como químicas, en la propagación vegetativa de esquejes de queñua (*Polylepis tomentella* W.). Los resultados indicaron que la aplicación de la fitohormona enraizante química AIB root tuvo efectos significativos en términos de porcentaje de establecimiento, número y longitud de raíces, número y longitud de brotes. Además, demostró que ese método es más rentable, alcanzando un porcentaje de rentabilidad del 90%, lo que significa que por cada sol que se emplea se produciría un ingreso de 1.90 nuevos soles.

G. Dominguez, (2020) en su estudio de investigación tuvo como propósito principal analizar como diferentes tipos de sustratos afectan la capacidad de propagación vegetativa por esquejes de la queñua (*Polylepis incana*), en un ambiente controlado de vivero ubicado en la localidad de Huacrachuco – Marañon. Sus resultados indican que no hubo diferencia significativa en el porcentaje de supervivencia de las plantas entre los



diferentes tratamientos. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de hojas y brotes, así como en la longitud de brotes y raíces, donde su tratamiento T3 (tierra agrícola, humus y arena fina) mostró los mejores resultados en general. Se concluye que la elección del sustrato es importante para lograr una propagación vegetativa exitosa de la queñua, y se recomienda el uso de la mezcla del T3 para obtener resultados en la producción de esta especie.

Quispe Callisaya, (2013) tuvo como objetivos evaluar el efecto de dos enraizadores naturales y tres sustratos diferentes en la propagación vegetativa de esquejes de la especie *Polylepis besseri*. Además, se buscó determinar los costos de producción parciales de los plantines de queñua utilizando este método. Usaron 900 esquejes de queñua, de los cuales se seleccionaron 10 muestras por tratamiento. Los enraizadores naturales utilizados fueron extracto de sauce y agua de coco, y los tres sustratos evaluados fueron S1(turba + arena + cascarilla), S2(turba + arena) y S3(turba + cascarilla). Sus resultados mostraron que el extracto de sauce y el sustrato S2 mostraron un mayor porcentaje de prendimiento y altura, mientras que el extracto de sauce fue más eficiente en la longitud de la raíz. Respecto al número de hojas y brotes, sus resultados fueron variables según el enraizador y el sustrato utilizado. En general, concluyó que el extracto de sauce y el sustrato S2 fueron los más eficientes en la propagación vegetativa de queñua.

Lizana Rojas, (2019) realizó un experimento en el vivero de la EEA Santa Ana – INIA de Huancayo, con el objetivo de determinar la capacidad de enraizamiento de estacas de diferentes procedencias de *Polylepis sp.* y diferentes concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) en una cámara de sub – irrigación. Usó 240 estacas de queñua, proveniente de cuatro procedencias (Masajcancha, Tarma, Cusco y Concepción) y se aplicaron cuatro concentraciones de AIB (0 ppm, 1000 ppm, 3000 ppm y 5000 ppm). Después de dos meses, hizo una evaluación final y se encontraron los siguientes



resultados: la mejor procedencia fue Masajcancha, con un 83% de enraizamiento; y la mejor interacción se observó en el tratamiento T5 (Tarma, 0 ppm), con un 100% de enraizamiento.

Concluye que es factible propagar estacas de *Polylepis* sp. en cámara de sub – irrigación sin el uso de hormonas, siempre y cuando el material vegetativo provenga de una procedencia cercana o que tenga condiciones ambientales similares al lugar donde se instalará el propagador.

L. Soto, (2013) realizó un estudio en la provincia de Huarochiri del distrito de Carampom, entre los meses de junio y diciembre de 2013, con el objetivo de evaluar el efecto de tres dosis de Root Hor en la propagación vegetativa de queñual (*Polylepis* sp.). Los resultados indican que los tratamientos T1(3ml de Root Hor) y T2(5 ml de Root Hor) presentaron el mayor porcentaje de prendimiento de esquejes a los 65 días después de la instalación. Los tratamientos T1 T0 (testigo) presentaron un menor prendimiento, lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre tratamientos. El estudio concluye que el éxito en la propagación de esquejes depende en gran medida de la actividad de las células vegetativas activadas por el enraizador, y que la edad de las yemas enraizadas puede ser un factor limitante.

Espejo, (2015) realizó un experimento donde uso enraizantes químicos y orgánicos además de probar longitudes diferentes de esquejes. Logro que los mejores resultados se obtuvieron con enraizantes químicos y orgánicos en comparación con el testigo. Sin embargo, los productos químicos obtuvieron mejores resultados que los orgánicos (germinado de lenteja y agua de coco). También concluye que el germinado de lenteja destaco entre los enraizantes orgánicos utilizados.



Centeno & Madrid, (2008) realizó un estudio, donde buscó encontrar alternativas al uso de ácido indol-3-butírico (IBA) en *Olea europaea* L. cv. Cornicabra, también se probaron seis productos diferentes: extracto de algas, levadura de cerveza, lecho de semillas de girasol, extracto seco de algas y un extracto de semillas maceradas (terrabal orgánico). Los esquejes fueron tratados en la base con uno de estos productos y colocados en un lecho de niebla de control de temperatura. Concluyó que, el terrabal orgánico podría ser una alternativa válida al IBA en la propagación de esquejes de olivo orgánicos del cultivar cornicabra cuando se aplica en la base de los esquejes durante 1 hora. Sin embargo, se debe tener precaución con la duración del tratamiento, ya que periodos más largos podrían tener efectos adversos en los esquejes.

Tenemos antecedentes como el de Leví (1987), quien no pudo lograr prendimiento debido a que obtuvo un 0% de enraizamiento en estacas leñosas de tornillo que lo obtuvo de árboles que tuvieron muchos años de edad, en esta investigación se usó diferentes dosis de AIB, AIA y ANA.

Otra investigación relacionada a la nuestra fue la de Blakesley et al., (1991) ya que puso a prueba esquejes de álamo recolectados en intervalos durante el verano, sus resultados mostraron una variación negativa en la capacidad de enraizar hasta mediados de agosto cuando lo instaló en días largos, indican que esa disminución se pudo deber a la disminución en los niveles de auxina

Gomez, (2021) realizó una investigación sobre el efecto de diferentes dosis y diferentes tipos de estacas de álamo en invernadero, sus resultados de la propagación vegetativa de las estacas no garantizaron el prendimiento en relación con los factores evaluados. Sin embargo, pudo notar que el tipo de estaca utilizada afecta el número de ramas (2.82 a 3.59 ramas/estaca), la longitud de las ramas (5.96 a 22.27mm), el diámetro



del callo (0.87 a 1.49 mm) y la altura del callo (0.97 a 1.18 mm). Por otro lado, pudo observar que las dosis de auxinas no tienen efecto en el diámetro del callo, la altura de callo y número de ramas, pero sí en la longitud de las ramas, que aumentó de 10.85 a 14.05 mm en función de la dosis utilizada.

Y. D. D. Domínguez, (2015) experimento el efecto de distintas concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) para enraizar estacas semileñosas de Uvilla, usando cámaras de nebulización para propagación. En su investigación realizada no tuvo resultados favorables en la formación de callos enraizados, brotes y sobrevivencia. La falta de éxito se debió a varios factores, como el tipo de sustrato, las condiciones, de iluminación, temperatura y humedad, las dosis de reguladores de crecimiento, los rasgos de las características del tejido de las estacas y plagas fúngicas presentes en el ambiente. En resumen, la aplicación de AIB no tuvo un efecto en el prendimiento de estacas de uvilla.

Muñoz et al., (2011) pusieron a prueba las épocas de recolección y diferentes dosis de ácido indolbutírico con estacas de Cirimo, pudo observar que el 39.3 de los tallos produjeron raíces en la primera fecha de recolección. Sin embargo, en tres de los cuatro meses de recolección el porcentaje de prendimiento fue de 0%. Concluyendo así que la mejor época para enraizar es la última etapa del verano debido a que coincide con la emisión de yemas. Solo pudo notar enraizamiento en el mes de setiembre. También pudo notar que las estacas más largas y gruesas producen una mayor longitud de raíz. En cuanto a la formación de callo, se observó el porcentaje más alto en la colecta de diciembre, lo que sugiere que este proceso puede aumentar a medida que se acerca el invierno. El mayor número de raíces por estaca se formó cuando el grosor fue de 1.0 cm, independientemente de su longitud.



Y. Domínguez, (2017) llevo a cabo un estudio en un ambiente controlado a una altitud de 3150 msnm para evaluar el efecto de diferentes clases de abonos orgánicos y Microorganismos Eficaces Activados (EMa) en la propagación de *Fragaria Vesca* (fresa). Los resultados indicaron que la mejor dosis fue el tratamiento T5, que consistió en la aplicación de 20 tn/Ha junto con un 15% de EMa. Además, se realizó una evaluación económica que mostró que el costo de producción del mejor tratamiento fue de S/. 25, 177.05.

Quiroga et al., (2011) hizo una investigación, donde evaluó y cuantifico el nitrógeno agregado como fertilizante en combinación con estiércol, y evaluar sus efectos en la acumulación de sales en el suelo. Para lograrlo llevo a cabo un ensayo en el Campo Experimental “La Laguna” del INIFAP. Estudiaron cuatro dosis de estiércol: 0, 30, 60 y 120 Mg ha⁻¹, y dos dosis de fertilizante: 120 y 240 kg N ha⁻¹. Uso (NH₄)₂SO₄ enriquecido al 10% de átomos 15N en exceso. Para el ensayo emplearon macetas de tubo PVC con dimensiones de 15.24 cm y 50 cm de altura. La recuperación de 15N del fertilizante disminuyo de 29 a 30% en el primer cultivo a 1.8 y 2.4% en el segundo y de 0.4 y 0.5% en el tercero debido a la acumulación de sales. Los niveles de sales en el lixiviado final y en el suelo aumentaron con las dosis de estiércol y fertilizante N, alcanzando valores de 6.8 y 3.0 dSm⁻¹, respectivamente. Por lo tanto, concluyen la importancia de establecer un programa estratégico de uso de estiércol en la Comarca Lagunera, acompañado de un adecuado manejo del riego para evitar la acumulación de sales en el suelo y así aprovechar al máximo el estiércol. que su presencia en el medio ambiente no debe ser mayor al 20%.

Acevedo-Alcalá et al., (2020) menciona que el uso de turba como sustrato para la propagación de plántulas puede tener impactos negativos en el medio ambiente debido a su recolección. Para minimizar estos defectos, desarrollo enmiendas orgánicas que se pueden utilizar como componentes de medios de cultivo. Con el objetivo de caracterizar



física, química, biológica y microbiológicamente diferentes tipos de fertilizantes orgánicos comerciales, como Solep y Fernatol, estiércoles de vacuno y ovino, y musgo comercial (Peat moss). Midieron el contenido de materia orgánica, la relación C/N y los nutrientes extraíbles y asimilables, así como la presencia de sustancias fitotóxicos y microorganismos patógenos. Los resultados fueron comparados con estándares establecidos en normas nacionales e internacionales. Se encontró que el fertilizante comercial Solep y el estiércol vacuno eran adecuados para la producción de plántulas debido a sus valores adecuados de pH, CE, MO, C/N, sodio, metales pesados y ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* sp. Sin embargo, se recomendó que su presencia en el medio ambiente no debe ser mayor al 20%.

Alvarez, (2017) realizó un experimento usando ácidos húmicos y hongos micorrícicos en café, donde pudo lograr determinar que las dosis de 10 y 15 ml mostraron los mejores resultados al mejorar el crecimiento de las plántulas de café. Además, al evaluar el efecto de diferentes dosis de micorrizas en el desarrollo de las plántulas, se encontró que las dosis de 5 y 10 gramos fueron más efectivas, tras un análisis estadístico de diversos parámetros evaluados. Estos descubrimientos son de gran relevancia para promover prácticas de producción más eficientes y rentables en el cultivo de plantas, ya que permiten obtener plantones de café de alta calidad. Cabe mencionar que el costo total de producción en el ensayo fue de S/. 781,19, con un costo por tratamiento de S/. 76,80.

Rengifo, (2011) hizo un estudio para evaluar cómo diferentes sustratos con hongos micorrícicos vesículo-arbusculares y su efecto en el crecimiento inicial de especies forestales. Los resultados mostraron que la especie forestal *Callycophyllum spruceanum* Benth tuvo un mejor crecimiento en diámetro, altura y biomasa. Además, se encontró que el sustrato con micorriza y compost de madera produjo los mejores resultados en general,



aunque la especie *Callycophyllum spruceanum* Benth se desempeñó mejor con el sustrato de micorriza y tierra agrícola

Esquivel et al., (2021) en el artículo de revisión “Experiencias sobre la propagación y efectividad de los hongos micorrizógenos arbusculares en Latinoamérica” se llega a la conclusión de que los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) puede ser utilizado en la agricultura de diversas formas, como bioprotectores, biorreguladores, biofertilizantes y restauradores de suelos contaminadores, entre otros. Esto se debe a que las plantas que establecen simbiosis micorrícica con estos hongos, en la mayoría de los casos, muestran un mayor crecimiento y resistencia en comparación con aquellas que no están micorrizadas. Estos hallazgos demuestran la efectividad de la simbiosis micorrícica arbuscular.

Hernández et al., (2011) realizó un estudio sobre la propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para la restauración de suelos, se llegó a la conclusión de que es recomendable la inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) en las especies tlaxitle y palo dulce. También se sugiere investigar otras especies de HMA para aumentar la posibilidad de establecimiento y desarrollo, y así utilizarlos en programas de restauración de suelos erosionados. Aunque los porcentajes de micorrización fueron relativamente bajos, se observaron mejoras significativas en el crecimiento inicial en diámetro y altura de las especies *A. denticulata* y *E. polystachia*. Esto proporciona una ventaja importante al momento de trasplantarlas al campo.

Lopez, (2018), con su investigación titulada “Efecto de la micorrización en el crecimiento de *Dalbergia congestiflora* Pittier en dos sistemas de propagación”, pudo determinar que la inoculación in vitro de plantas de *D. congestiflora* con 10 esporas de *R. intraradices* y su posterior mantenimiento durante 30 días en condiciones de cuarto de



cultivo resultó en un aumento en el número de longitud de las raíces. Además, al realizar la tinción con azul de tripano, se encontraron esporas de *R. intraradices* en el interior de las raíces. Al transferir las plantas al medio ex vitro, se observó un incremento en la supervivencia del 80 %, en comparación con el grupo de control que tuvo una supervivencia del 50%. Cabe mencionar que la especie *D. congestiflora* está clasificada como en peligro de extinción.

2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Origen y distribución de la queñua

Mendoza & Cano (2011), indican que hay una probabilidad que el género se originó en los andes del Norte del Perú, esto debido a que en esta región se albergan dos de las especies consideradas más primitivas (*P. multijuga*, *P. pauta* y *P. lanuginosa*).

En el caso de los sistemas forestales de *Polylepis*, que son de importancia central para este estudio de caso, esto también se debe al hecho de que se conoce relativamente poco sobre la ecología de estos sistemas Hedberg II (2013). La mayoría de las especies de este género son plantas de tamaño considerable, como árboles o arbustos, que se desarrollan en la zona más alta del bosque. Investigadores como (Sarmiento, 1986), indican que el límite de bosque está considerado entre los 3200 m a 3600 m de altitud. Según Mendoza (2005), se ha observado que *P. subsericans* habita en la Cordillera de Vilcanota en Perú, llegando a altitudes que alcanzan los 5100 metros. Y la especie que se encuentra en menor altitud en el Perú es *P. pauta* que se distribuye en 1800 m, en la Cordillera de Accanacu en el Departamento de Cusco (Mendoza & Cano, 2011).



Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Sisaro & Hagiwara, 2016), la mayoría de especies de este género se encuentran vulnerables como se indica en la siguiente lista y donde podemos observar que se encuentran en la categoría vulnerable, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Distribución y descripción de especies de Polylepis

Especie	Distribución y descripción
<i>P. microphylla</i>	Endémica de la provincia de Bolívar en los Andes ecuatorianos
<i>P. lanuginosa</i>	Un árbol endémico de los Altos Andes ecuatorianos, actualmente se sabe que ocurre en las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay.
<i>P. multijuga</i>	El miembro más primitivo del género, confinado a dos lugares principales, Chachapoyas en Amazonas y el norte de Cajamarca.
<i>P. incana</i>	La distribución de la especie es discontinua, desde el norte y centro de Ecuador hasta Ayacucho en Perú. Las ocurrencias en Colombia y Bolivia se basan en conceptos taxonómicos erróneos.
<i>P. pepeii</i>	Pequeño árbol o arbusto, confinado a una serie de localidades que se extienden a lo largo de la vertiente oriental de la Cordillera Real desde el sureste de Perú hasta el noreste de Bolivia.
<i>P. pauta</i>	Se encuentra en el norte de Ecuador y en pequeñas áreas del centro este y sur de Perú.
<i>P. hieronymi</i>	Centro y sureste de Bolivia y noroeste de Argentina. Inusualmente para el género, coloniza fácilmente áreas abiertas y perturbadas, donde pronto es suplantado por árboles de crecimiento más lento. Esta característica lo hace útil en la recuperación de taludes erosionados.
<i>P. neglecta</i>	Recientemente descubierta, la especie se encuentra principalmente en el área de Chuquisaca y Cochabamba.
<i>P. racemosa</i>	Esta es una especie variable conocida de áreas restringidas que se encuentran desde el norte de Perú hasta el noroeste de Bolivia. Las subespecies en Bolivia se describen por separado.
<i>P. subsericans</i>	Concentrado en Lima y la adyacente Ica, extendiéndose hacia áreas restringidas más al este.
<i>P. reticulata</i>	Esta endémica ecuatoriana se encuentra en las provincias de Napo, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Azuay.
<i>P. crista-galli</i>	Esta especie fue incluida dentro de <i>P. besseri</i> . Se cree que es de origen híbrido. Pequeños rodales, con un área total de menos de 100 km ² , se encuentran en el centro y sureste de Bolivia.
<i>P. rugulosa</i>	Manchas pequeñas y dispersas de la especie se encuentran desde Arequipa, Moquegua, Tacna y posiblemente Puno hasta el norte de Chile. Generalmente es el único árbol en el área.
<i>P. weberbaueri</i>	La distribución de esta especie es discontinua. Ocurre en el centro y suroeste de Ecuador, y en Perú en el noroeste y más al sur en la Cordillera Blanca y el área de Cuzco-Apurímac.

Fuente: IUCN, 2022



2.2.2 Clasificación taxonómica

Mendoza & Cano, (2011) reportan que 19 especies se encuentran en el Perú, siendo el país con mayor diversidad *Polylepis*.

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Tribu: Sanguisorbeae

Subtribu: Sanguisorbinae

Género: *Polylepis*

2.2.3 Clima y suelo

El género *Polylepis* se caracteriza por soportar climas muy cambiantes con diferencias de temperatura de 20-30°C en las mañanas y con máximas disminuciones por las noches (Kessler, 2006). Así como también tolera distintos tipos de suelo con variaciones en la proporción de arena y arcilla, pero crece con más rapidez en suelos francos o franco arcillosos, además de tener mayor contenido de arcilla en suelos con bosque (Huamán, 2012; Yallico, 1992).



2.2.4 Importancia ecológica

Según (Yance, 2015), esta especie es un componente de mucha importancia en el hábitat de otras especies, como por ejemplo el pasto ovillo y trébol que se distribuyen en su mayoría bajo la cobertura de *Polylepis*, esto a su vez indica que condiciona ambientes, así como también la disponibilidad de recursos.

2.2.5 Descripción botánica

a. Raíz

Tiene un sistema de raíces fibroso o fasciculado. En comparación con las raíces típicas, las raíces fibrosas generalmente penetran más profundamente en el suelo. La superficialidad de estas raíces fibrosas, así como su fuerte adherencia a las partículas del suelo, las convierte en estructuras altamente efectivas para prevenir la erosión (Flores, 1999).

Este tipo de adaptación es común en árboles que crecen en suelos de montaña, donde la disponibilidad de nutrientes puede ser limitada y la capa de suelo es más delgada.

b. Tallo.

La altura promedio del árbol es de 5-14 m de alto con troncos rojizos (Mendoza & Cano, 2012) tienen un diámetro de 70-90 cm. (Yallico, 1992).



c. Hojas.

Son trifoliadas, cactáceas, obovadas, crenadas, ápice obtuso con base atenuada, tienen el haz de color verde amarillento en individuos jóvenes y verde oscuro en adultos, aparentemente no tienen pelos, tienen el envés de color verde Nilo ligeramente oscuro, opacos, con pelos absorbentes y exudación resinosa, con un penachito de pelos en la inserción de los foliolos, 18mm de longitud y 7 mm de ancho, tienen un raquis de 2 cm de longitud con pelos esparcidos (Yance, 2015).

d. Inflorescencia:

Es un racimo simple, 2-7cm de largo, con 3-10 flores; bráctea floral lanceolada de 3 mm de largo, superficie exterior glabro o ligeramente piloso (Mendoza & Cano, 2012).

e. Fruto:

El hipantio del fruto tiene dimensiones 0.2-0.5 x 0.2-0.7 cm, incluyendo protuberancias. Tiene una forma que va desde turbinada a fusiforme, y presenta surcos irregulares junto con alas puntiagudas (Mendoza & Cano, 2012).

f. Semilla

La semilla muestra una disposición en espiral y está rodeada por una cubierta densa de tricomas lanosos y glandulares. La cubierta presenta lomas aplanadas que varían en número de 2 a 5, y también incluye espinas que tienen un ancho de 0.3 a 0.8 cm. Además, las protuberancias de la semilla tienen una longitud de 0.3 a 0.7 cm. (Oropeza, 2016)

2.2.6 Principales usos de la queñua

La queñua se caracteriza por ser una planta arbórea y leñosa. Lagunas & Maria, (2011) indican que la madera se utilizaba por familias como leña, así como también en la industria minera cumpliendo la función de fundición de metales. Esto ocurría desde periodos prehispánicos ya que como indica Aldunate et al., (2008) no había suficiente combustible para las fundiciones de cobre, esto obligo a que se utilice el carbón de la queñua, lo que conllevó a su posterior desaparición en muchas regiones relacionadas a la extracción de minerales.

Otros usos se relacionan con la curtición de pieles de animales tal como indican Cabana & Lipe, (2019) el uso del tanino de Queñua en una concentración de 60% tiene buenos resultados en pieles de cuy o como también (Arpi, 2019) quien concluye que concentraciones de 15 %, 20%, y 25% en pieles de trucha es efectiva y factible en gran medida.

2.2.7 Propagación del género *Polylepis* sp.

a. Propagación sexual del género *Polylepis*

Una de las alternativas de reproducción en las plantas es por semillas que en ciertos casos es eficiente y que usualmente se usan en la propagación de plantas cultivadas. Esta reproducción consiste en la unión de células sexuales masculinas y femeninas y que de esta unión se forma semillas (Hartman & Kester, 1997).

b. Regeneración de la queñua por brinzales

Según Fernández et al., (2008) los brinzales son individuos que crecen de semillas y que resultan de gran utilidad en la introducción de



conceptos de ecofisiología y silvicultura en un sistema integrado de bosques. Además (M. Soto, 1995)) citado por (Oropeza, 2016) menciona que estos son usados por el hombre para mejorar la propagación de la especie.

c. Propagación asexual del género *Polylepis*

En este tipo de reproducción ocurre un proceso de mitosis que consiste en la división celular lo que significa un crecimiento y regeneración de la parte vegetativa seleccionada. En este tipo de propagación no intervienen gametos por lo que, no existe variabilidad genética; esto da como resultado que las plantas hijas sean idénticas a las plantas madres (Hartman & Kester, 1997; UNLP, 2016).

Muchas investigaciones sobre la germinación de semillas en especies de *Polylepis* concluyen en que los porcentajes de germinación varían entre un 2 a 15%, y que probablemente se deba a los árboles semilleros ubicados en zonas urbanas o en el campo Vega et al., (2018). Salazar et al., (2020) también indica que obtuvo valores de germinación bajos y que esto limitaría la regeneración de bosques naturales.

Debido a estas limitaciones, una de las propagaciones asexuales que comúnmente se usan es la reproducción por esquejes ya que, debido a investigaciones, la producción de plantines por esquejes y estacas tienen un éxito de 36 a 80% (Fjeldså & Kessler, 1996) mencionado por (Salazar et al., 2020)



d. Condiciones para la propagación asexual

Muchos autores coinciden en que la recolección debe ser de árboles adultos y que la recolección se debería realizar en el comienzo de la estación de lluvias, además de que cuenten con pequeñas protuberancias denominados comúnmente como “chichones” (M. Soto, 1995; Zanabria & Cuellar, 2014). Debemos tomar en cuenta lo que menciona Yana (2021) quien indica que el periodo de estudio es muy importante en la recolección de esquejes ya que es un factor que tiene mucha influencia en la capacidad rizogénica del género *Polylepis*.

Otras de las consideraciones a tomar en cuenta es el traslado del material vegetativo, Mesén (1998) expresa que es necesario mantener la turgencia del material y evitar que pierdan la humedad colocando los esquejes en un contenedor con agua o envueltos en papel húmedo o toallas húmedas y no dejarlas expuestas al sol.

Otro punto para mencionar es que por ejemplo el lavado o reposo de la base de los esquejes o estacas de *Populus alba* cv. “Bolleana” tal como lo indican (Trione S. & Avellaneda, 1970) podría actuar en la hidratación de los tejidos y esto conllevaría a la variación en su actividad metabólica como el ritmo respiratorio, “turn over” de proteínas, etc.

e. Ventajas y desventajas en la propagación por esquejes

Según Mesén (1998) la reproducción vegetativa y la selección de clones brindan la oportunidad de obtener avances genéticos más rápidos y eficientes. Otras ventajas tal como lo menciona (Sepúlveda, 2004) se obtiene una mayor obtención en la cantidad de árboles a partir de una sola



planta madre, menor uso de semillas y semilleros y menor cantidad de espacio.

Entre las desventajas Mesén (1998) destaca los altos costos de implementación y operación en la propagación, estos sistemas son en su mayoría realizados por empresas cuya operación y mantenimiento es sofisticado y por consiguiente inapropiados para las personas en las comunidades.

2.2.8 Consideraciones sobre la fisiología en el enraizamiento

La formación de raíces adventicias inicia con los meristemos secundarios que originan formación de raíces adventicias esto ocurre en cualquier órgano vegetativo, las raíces adventicias jóvenes se originan en la periferia del sistema vascular; por el contrario, si el órgano es más viejo el origen de la raíz es profundo y se localiza cerca del cambium (Urbina-Vallejo, 2005).

Los primordios de raíces se generan a partir de los iniciadores radicales formados, estableciendo una conexión con el floema y el xilema del órgano vegetativo del cual se originan. Esta formación es activada mediante el corte del mencionado órgano vegetativo. Después de activarse este proceso los primordios crecen atravesando la corteza y saliendo al exterior aflorando la caliptra y poniéndola en contacto con el medio de enraizamiento. (Urbina-Vallejo, 2005).

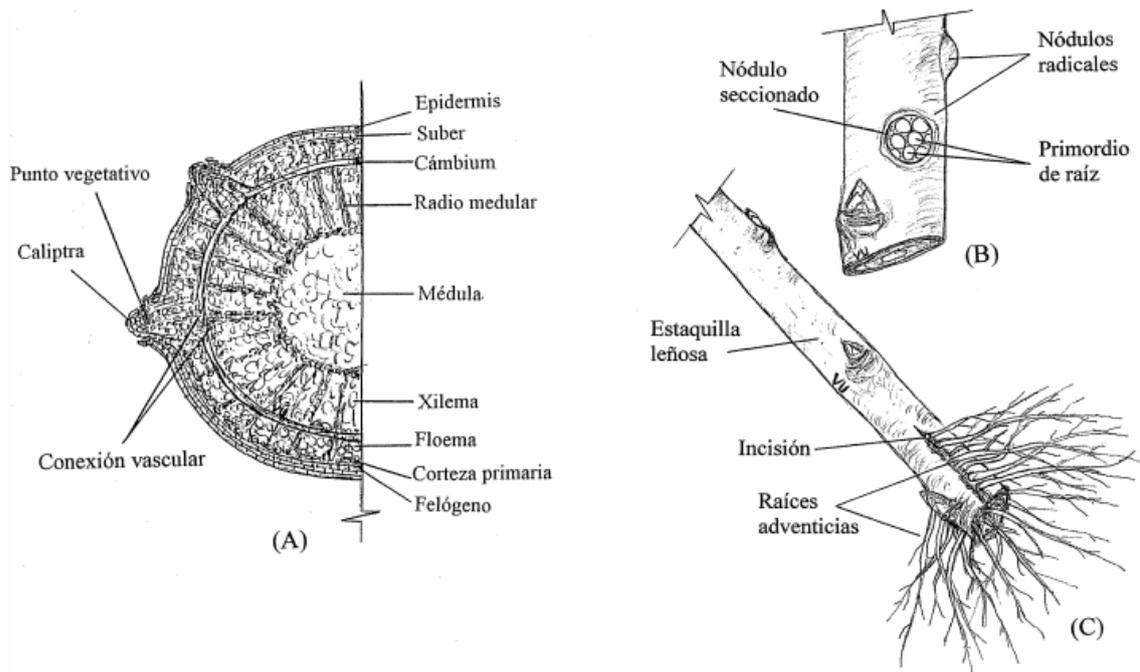


Figura 1. Formación de raíces adventicias en un ramo. A: Sección transversal con primordios de raíz. B: Nódulos radicales. C: Raíces formadas en una estaquilla leñosa. Fuente: (Urbina-Vallejo, 2005)

Al momento de poner las partes vegetativas en un medio de enraizamiento se forma en la base un callo de cicatrización, este se forma a partir de las células del cambium vascular o las células de la corteza y del xilema. La aparición de callos en áreas dañadas estimula la generación de radicales libres debido a la notable actividad de proliferación celular que tiene lugar en dicha región lesionada. (Urbina-Vallejo, 2005)

En muchos casos la capacidad para emitir raíces adventicias es mínima debido a muchos factores entre ellos está la esclerificación que opone resistencia a la salida de nuevas raíces esto debido a la presencia del anillo continuo de esclerenquima en la corteza de algunos tallos. Mientras mayor sea la capa de suberosa de protección, mayor será la dificultad de emitir raíces. (Urbina-Vallejo, 2005)



Existen muchas consideraciones fisiológicas que ocurren en la rizogénesis como son la edad de los árboles, la temporada de lluvias, el tipo de corte, las hormonas de enraizamiento, etc. Por ejemplo, Gutiérrez (1995) manifiesta que a la hora de realizar los cortes para la propagación en arboles seleccionados, estos hayan perdido su capacidad de enraizamiento.

El envejecimiento es un fenómeno que ocurre a menudo en especies forestales, tal como lo indica (Chaperon, 1979) citado por (Gutiérrez, 1995) este fenómeno origina dos limitaciones en la propagación; una parte se refiere a la pérdida de capacidad regenerativa de los meristemas, esto se explica ya que la planta en sus primeras etapas de desarrollo tiene una mayor concentración genética para realizar funciones vitales y son totipotentes, sin embargo mientras mayor desarrollo tiene, la complejidad de su estructura hace que sus órganos sean especializados y consecuentemente se retiene partes específicas de la información genética haciendo más dependientes unos de otros para vivir.

Otros autores como Trione S. & Avellaneda, (1970) concluyeron el no descartar que el lavado de las bases de las estacas de *Populus alba* cv. “Bolleana” elimine ciertos inhibidores que interfieren en la acción de auxinas y cofactores naturales, así como también la intervención de hidroxí-ácidos serina y treonina hacia el final del periodo de estratificación o propagación, esa intervención les dio como resultado la correlación con una activación del “turnover” de proteínas, y finalmente de ciertos sistemas enzimáticos. Esto nos podría indicar la importancia del lavado de las partes vegetativas en especies forestales.

Siguiendo con estas consideraciones Trione S. & Avellaneda, (1970) también concluyen que la diferencia de los primordios radicales en *Populus alba*



cv. “Bolleana” varía según el tratamiento del lavado, la modalidad de estratificación y la época en que se tomen, y que estas condiciones están relacionadas a las actividades de los inhibidores y también de las auxinas, así como también en la proporción relativa de compuestos nitrogenados que, según sus resultados, actuarían como cofactores.

2.2.9 Muerte celular programada en las plantas

Perez et al., (2007) manifiestan que la muerte celular programada (MCP) es un mecanismo que está vinculado estrechamente a todos los aspectos de la fisiología de las plantas, la adaptación de las plantas a condiciones adversas es una clara muestra tradicional de MCP, un ejemplo que manifiesta es la carencia de O₂ en suelos inundados que obliga a la planta a formar un tejido poroso llamado aerénquima y que en dicha formación se produce la muerte de varias células normales para que se formen cavidades y que esto pueda facilitar un intercambio gaseoso mientras se reduce número de células que requieran O₂.

Según Aubert et al., (1996) es un proceso autofágico que se origina debido a la existencia de una relación en la disminución del suministro de sustratos respiratorios en las mitocondrias, así como también la disminución de azúcares y fosfatos de azúcar en ciertas concentraciones.

El proceso de senescencia en las hojas se caracteriza por la pérdida de la clorofila, marchitez y frecuentemente la abscisión de la hoja, esto como respuesta a un estrés ambiental (Munné-Bosch & Alegre, 2004).

En síntesis, aunque aún hay mucho por descubrir, hay un acuerdo general en que el estudio del desarrollo de la MCP contribuirá a una mejor comprensión de los mecanismos de defensa de las plantas. Esto proporcionará una herramienta



importante tanto para mejorar genéticamente las plantas como para la investigación enfocada en obtener variedades que sean más tolerantes a plagas, enfermedades y factores de estrés ambiental (Rueda et al., 2014).

2.2.10 Enfermedades y plagas que se presentan en el enraizamiento

Las plagas son poblaciones de organismos ya sean: insectos, hongos, bacterias, nematodos, plantas parásitas, y animales vertebrados que causan daños inaceptables a las plantas producidas en un invernadero (Cibrián et al., 2013).

Las enfermedades son una condición de salud adversa de partes vegetativas o semillas derivados de la acción de un agente causal y que este a su vez genera síntomas que se manifiestan en la planta enferma. En el caso de enfermedades causadas por organismos e presentan signos que evidencian al organismo causante (Cibrián et al., 2013).

La presencia de patógenos en invernaderos en muchos casos resulta inevitable esto se debe a temperaturas cálidas, ambientes húmedos debido al riego constante y que resulta y facilita la dispersión de esporas (Cibrián et al., 2013).

2.2.11 Plagas que se presentan en la materia orgánica

Las moscas constituyen una plaga importante tanto para los humanos como para los animales debido a que sus larvas se alimentan de la materia orgánica del estiércol en donde son depositados los huevos de los que nacen (Saperas, 1992)

(Saperas, 1992) también menciona que estos insectos son vectores que transmiten mecánicamente enfermedades, estos organismos son transportados por las moscas adultas en sus pelos, patas, cerdas, órganos bucales externos y en sus



aparatos digestivos, arrojando los microorganismos patógenos en sus vómitos y excrementos.

a. Moscas en el estiércol (*Bitacomorpha clavipes*)

Llamados también moscas grullas fantasma son moscas de las cuales, como se mencionó anteriormente se alimentan de materia orgánica en descomposición (Bravo, 2012). Además, que solo en especies *Bittacomorpha clavipes* y *Bittacomorfella jonesi* está presente un estado apomórfico.

Según (Bowles, 1998) sus muestreos fueron más abundantes durante los meses de verano. Cabe precisar que muchos investigadores coinciden en sus investigaciones centrándose solo en los Estados Unidos. También indica que el rango de temperatura juega un papel importante en su reproducción, debido a que la temperatura mensual oscilaba entre 10 a 21°C, dándonos a entender que prefieren ambientes con temperaturas relativamente uniformes.

Sin embargo, no hay mucha información sobre esta especie en otras áreas a lo largo de su área de distribución incluso teniendo una amplia distribución geográfica. No obstante, no podemos negar que esta plaga nos da indicios sobre la temperatura y humedad del área infestada y que esto afecte en ciertos casos de manera negativa algunos cultivos y el peligro que significan muchas especies de moscas. tal como lo indicamos anteriormente.



2.2.12 Factores abióticos en la propagación

a. Irradiación

Para que los esquejes puedan realizar la fotosíntesis de manera óptima, es necesario que el entorno cuente con una cantidad adecuada de luz, Según (Mesén, 1998), si hay una exposición excesiva a la radiación, se produce el cierre de los estomas, lo que lleva a una disminución en el intercambio de gases, pérdida de rigidez en las células y, algunos casos, incluso la muerte de la planta.

b. Temperatura

Muchos autores coinciden en que la temperatura óptima para el enraizamiento de esquejes es de 15 a 27°C (Hartman & Kester, 1997; Sisaro & Hagiwara, 2016). Cabe precisar que una variación en este rango de temperatura tendrá consecuencias en la limitación de producción de plántulas en invernaderos (Fachinello et al., 2005).

c. Humedad

Según Sisaro & Hagiwara, (2016) la humedad relativa tiene que ser alta especialmente en las zonas donde surgirán las raíces adventicias para evitar la transpiración y posterior deshidratación

d. Sustrato

Existen muchas definiciones para el término sustrato. (Abad-Berjon et al., 2004) citado por (Cruz-Crespo et al., 2013) menciona que un sustrato es todo material sólido puesto en un contenedor y que es distinto

del suelo *in situ* puede ser natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, de forma pura o mezclada; el sustrato permite el anclaje al sistema radicular y dando un soporte a la planta y, que este a su vez puede intervenir o no en la nutrición vegetal.

e. Agregados orgánicos

El estiércol muchas veces es una alternativa al reciclaje de nutrientes ya que mejora y mantiene la fertilidad del suelo sustituyendo a la fertilización convencional. Consiste en una combinación de la cama de los animales y sus excrementos, los cuales han experimentado diferentes niveles de fermentación tanto en el establo como posteriormente en el montón de estiércol (Gros, 1971; Jiménez Ortiz et al., 2019).

2.2.13 Factores bióticos en la propagación

a. Micorrizas

La definición del término micorriza fue acuñado por primera vez por (Frank, 1885), la palabra micorriza proviene de las palabras griegas (mykes: hongo, rhiza: raíz) esta asociación simbiótica es mutualista y no patógena que involucra a las raíces de las plantas y los micelios de hongos y que posteriormente beneficia a ambos organismos.

Según Stanier et al., (1984) mencionado por Rengifo, (2011) menciona que la simbiosis comienza con la invasión de un hongo en la raíz de la planta siendo la estimulación la excreción al suelo, por parte de la planta o por ciertos compuestos orgánicos. Sin embargo (Honrubia, 2009)



indica que en orquídeas existe una excepción ya que el hongo puede infectar células del tallo.

b. Los sustratos y las micorrizas

Se ha investigado poco realmente de la adaptación de los hongos en diferentes medios, si bien se investigó sobre otras combinaciones como lombricomposta – hongos micorrícicos (Ávila, 2015).

2.2.14 Enraizantes naturales con fertilizantes

Los enraizantes naturales son productos que participan en el crecimiento desarrollo y reproducción en el ciclo vital de una planta, esto incluye la generación de nuevas raíces y protección de las partes vegetativas de hongos y enfermedades que puede introducirse en la recolección de estos. Es importante mencionar que la participación de estos productos va de acuerdo con condiciones productivas y morfológicas de la planta. (Balón, 2016; Campos, 2020; Quiroz, 2021)

Los fertilizantes son sustancias que son usadas para mejorar la calidad y cantidades de nutrientes en el suelo o sustrato, tal como lo indica la (FAO, 2002) proveen nutrientes que los cultivos necesitan como los macro micronutrientes. Ciertos investigadores como (Matamoros Quesada et al., 2020) concluyen que los complementos auxínicos y nutricionales durante el proceso de enraizamiento son de mucha importancia debido a que optimizan el desempeño de las plantas en vivero.



a. Importancia en la presentación, calidad y etiquetado de fertilizantes

Los fertilizantes tienen, por ser un producto de venta a nivel mundial, en su mayoría recomendaciones para su correcto manipuleo y almacenamiento, sin embargo, es importante conocer el análisis del fertilizante o el grado para calcular la cantidad correcta de fertilizante para tener una mejor referencia al momento de aplicación (FAO, 2002). Además, muchos técnicos y/o ingenieros relacionados a la agricultura recomienda realizar demostraciones en el campo en base a las indicaciones del producto para observar y posteriormente adaptar dicho fertilizante a su región.

La (FAO, 2002) menciona que los agricultores deben capacitarse de acuerdo a las nuevas situaciones o nuevos y diferentes problemas que se presenten. Es necesario indicar que uno de los problemas más grandes que se está presentando es el calentamiento global, y que debemos tener los conocimientos necesarios para evitar las consecuencias que esto trae consigo.

(Quiroz, 2021) recomienda la importancia de las capacitaciones y talleres a pequeños y medianos agricultores que estén interesados en el ámbito forestal y que estos a su vez tengan conocimientos sobre los beneficios que representa el trabajar con productos naturales.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Equipos

- Balanza Analítica
- Autoclave
- Cámara fotográfica o celular

3.1.2 Insumos

- Suelo Agrícola
- **Materia orgánica:** Estiércol de ovino 260g/bolsa, alpaca 260g/bolsa y vaca 260g/bolsa
- Enraizante Raiz Forte (Best Garden)
- Esquejes de queñua
- Jabón
- Alcohol al 70 %

3.1.3 Herramientas de campo

- Flexómetro de 5m
- Carretilla, lampa
- Pico, zaranda
- Regadera
- Bolsas de polietileno color negro 12cm x 17 cm
- Tijeras de podar



- Mochila fumigadora 20L

3.1.4 Materiales de escritorio

- Libreta de campo
- Lápiz, calculadora
- Laptop, materiales de impresión

3.1.5 Programas

- (Excel) cálculo de enraizamiento.
- (INFOSTAT) versión estudiantil.
- (SPSS) versión de prueba gratuita
- (Word) Redacción de tesis

3.2 LUGAR DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó en un ambiente controlado ubicado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, siendo sus características geográficas son las siguientes:

3.2.1 Ubicación política

Región: Puno

Provincia: Puno

Distrito: Puno



3.2.2 Ubicación geográfica

Latitud Sur:	15°50'23"S
Longitud Oeste:	70°01'18"O
Zona agroecológica:	Anillo circunlascustre
Región natural:	Sierra

3.2.3 Características del ambiente controlado

El ambiente donde se realizó la investigación tiene un área de superficie de 24 m² y está construido con plástico de polietileno y estructura de acero, tiene un perímetro de: 6m de largo y 4m de ancho y una altura de 2m. Tiene un techo de doble caída con una ventana en cada lado para su ventilación con medidas de 1m de largo por 0.4m de ancho.

3.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación fue de tipo experimental, evaluándose las variables dependientes (porcentaje de prendimiento, longitud de brotes, número de hojas, longitud de raíz) y en las variables independientes (suelo agrícola, estiércol de ovino, estiércol de alpaca, estiércol de bovino y dosis de micorrizas).

3.3.1 Temperaturas registradas:

Se utilizó un termohigrómetro para registrar las temperaturas. Se tomaron datos hasta finales de diciembre de 2022, así como durante enero, febrero y marzo de 2023. Los registros incluyeron temperaturas mínimas, medias y máximas

calculadas diariamente. Los promedios mensuales de temperatura se presentan en la Figura 2.

En cuanto a los valores de temperatura, se observó una variación en las temperaturas máximas, que oscila entre 28 °C y 38.3 °C. Las temperaturas medias se mantuvieron en un rango de 20.3 °C a 22.1 °C, mientras que las temperaturas mínimas fluctuaron entre 12.1 °C y 15.3 °C.

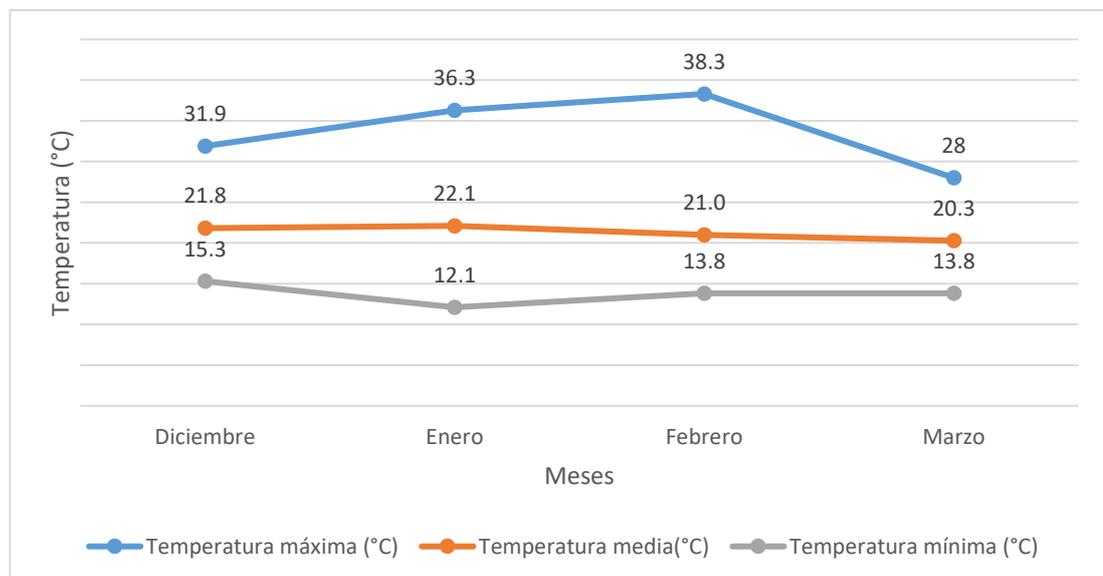


Figura 2. Promedios de temperatura máxima, media y mínima en el ambiente controlado durante el periodo de diciembre del 2022 hasta marzo del 2023

3.3.2 Humedad relativa registrada

También se realizó el registro de la humedad relativa del ambiente controlado utilizando el termohigrómetro. Se calcularon los valores de humedad mínima, media y máxima diariamente, tomando los datos durante los mismos meses que se registraron las temperaturas. Los datos se presentan en la figura 3.

En relación con los valores de humedad, se observaron niveles máximos que variaron desde 60% hasta 64%. La humedad media registrada se situó en un

rango de 42.1% a 48.82%. Por otro lado, los niveles mínimos de humedad oscilaron entre 28% y 30%.

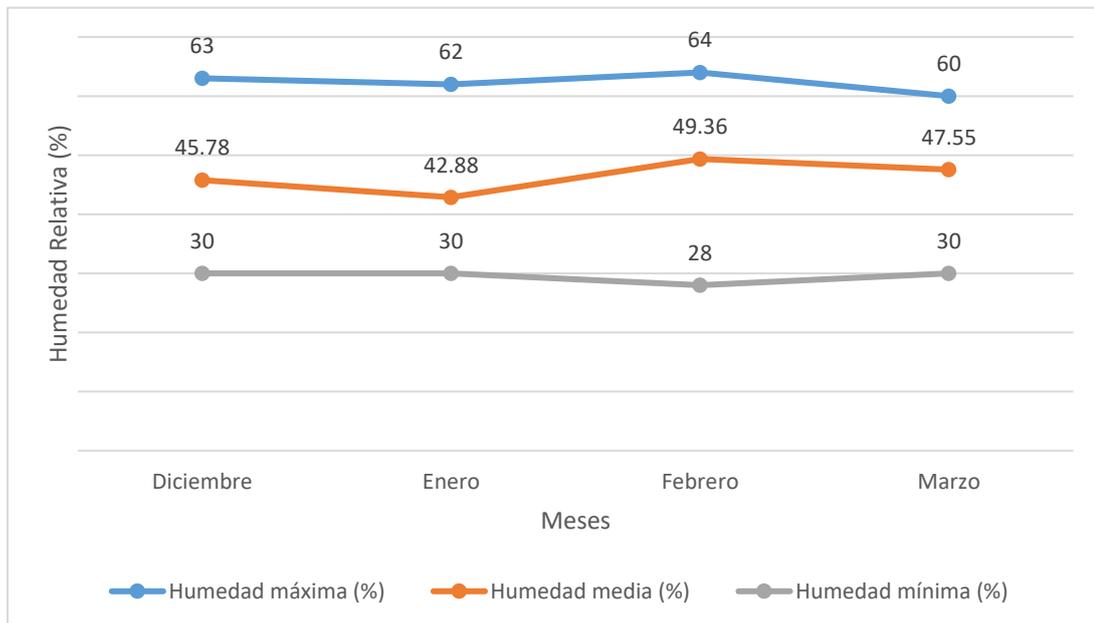


Figura 3. Promedios de humedad relativa máxima, media y mínima en el ambiente controlado durante el periodo de diciembre del 2022 hasta marzo del 2023

En conjunto estos resultados nos proporcionaron una comprensión más completa de las variaciones en los niveles de humedad y temperatura a lo largo del tiempo, lo que nos permitió identificar patrones o tendencias que podrían haber influido en el crecimiento de los esquejes.

3.3.3 Análisis de fertilidad del suelo agrícola y los sustratos orgánicos

El análisis de fertilidad de suelo agrícola experimenta se llevó a cabo en el laboratorio de Agua y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano. En el análisis se observó que el suelo presentaba una textura franco arcillo arenosa. Además, se determinó que tenía un pH moderadamente básico de acuerdo con la escala de (Darronsoro, 2023)

Los niveles de materia orgánica se encontraron en un rango medio, siendo del 3.19%, según los parámetros establecidos por (Canihua Rojas, 2001). En cuanto al contenido de nitrógeno, se identificó como ligeramente medio, con un valor de 0.19. Respecto al contenido de fósforo, se consideró alto, registrando 19.8 ppm. Sin embargo, el contenido de potasio se catalogó como bajo, con un valor de 190 ppm. Estas evaluaciones se realizaron siguiendo los parámetros establecidos por (Canihua Rojas, 2001) (tabla 2).

El nivel de conductividad eléctrica (C.E.) de 1.23 mS/cm es altamente salino según la clasificación de (Soriano, 2018).

Tabla 2

Análisis de fertilidad del suelo agrícola experimental

N°	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁻	M.O %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
1	M - SUELO	78	10	12	Franco Arcilloso arenoso	0	3.19	0.19

N°	pH	C.E. mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC	me/100 g	S.B %
			P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺			
					me/100g suelo							
1	7.22	1.23	19.8	190	NC	NC	NC	NC	0	NC	NC	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos de la FCA-UNA-Puno, 2022.

En los resultados se puede observar que los sustratos presentaron una textura franco arcillo arenosa. Además, los valores de pH registrados estuvieron en el rango de 6.08 a 6.31, lo cual se considera óptimo para sustratos según la escala de (Intagri, 2017).

Se destaca que los niveles de materia orgánica fueron muy altos, según los parámetros establecidos por (Martín, 2021a). En relación con los contenidos de

nitrógeno, se identificaron como ligeramente altos, con valores que oscilaron entre 0.25 hasta 0.31 %. Respecto a los contenidos de fósforo, se encontraron en la categoría alta, con valores que variaron desde 19.06 ppm hasta 22.10 ppm. Los contenidos de potasio también fueron altos, con valores que estuvieron en el rango de 250 ppm hasta 270 ppm. Estas evaluaciones se realizaron siguiendo los parámetros establecidos por (Martín, 2021a) (tabla 3).

Los resultados también indican que la conductividad eléctrica de los sustratos de 1 y 2, tal como se observa en la tabla 3, es categorizada como muy alta, según la clasificación de Torres et al., (2001). Jiménez et al., (2004) y Quiroga et al., (2011) concluyen que la aplicación de estiércol aumenta la conductividad eléctrica, sugiriendo que este incremento representa un cambio negativo.

Tabla 3

Análisis de las características físicas químicas de los sustratos experimentales

N°	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁻	M.O %	N. TOTAL %
		AREN A %	ARCILL A %	LIMO %				
1	Sustrato de Ovino	78	10	12	Franco Arcilloso arenoso	0.02	6.20	0.31
2	Sustrato de Alpaca	69	26	5	Franco Arcilloso arenoso	0.04	5.40	0.27
3	Sustrato de Vacuno	67	25	8	Franco Arcilloso arenoso	0.09	5.08	0.25

N°	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
1	6.12	2.53	12.65	22.10	270	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC
2	6.08	2.47	12.35	20.02	260	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC
3	6.31	0.99	4.95	19.06	250	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos de la FCA-UNA-Puno, 2022.

3.3.4 Análisis físico - químico del agua de riego

Se realizó el análisis físico – químico del agua utilizada a lo largo de todo el proyecto de investigación. Este análisis tuvo lugar en el laboratorio de Agua y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Los resultados revelaron que el pH del agua fue de 6.66, un valor que se encuentra dentro del rango de referencia que indica que es adecuado para su uso en riego sin problemas.

En cuanto a los sólidos totales, se registró un valor de 0.47 mg/l, el cual también se encuentra dentro del rango de referencia que indica que puede ser utilizado para riego sin inconvenientes según (CSR, 2023). Por último, la conductividad eléctrica fue de 0.94 mS/cm, y este valor está dentro del rango de referencia normal, según lo establecido por (Martín, 2021b).

Tabla 4

Análisis físico – químico del agua usado para riego

ELEMENTOS ANALIZADOS	VALORES
pH	6.66
CE. (ms/cm.)	0.94
Dureza total (como CaCO ₃) mg/l	687.8
alcalinidad (como CaCO ₃) mg/l	159.26
Cloruros (Como Cl) mg/l	87.94
Sulfatos (como SO ₄) mg/l	89
Nitratos (como NO ₃) mg/l	0.01
Calcio (como Ca ⁺⁺) mg/l	155.04
Magnesio (como Mg ⁺⁺) mg/l	72.44
Solidos totales mg/l	0.47
Sodio (Na)	3
Potasio (K)	2

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos de la FCA-UNA-Puno, 2022.

3.3.5 Preparación de los sustratos

Los sustratos se prepararon siguiendo la metodología de (Paredes, 2011) que fue en base a suelo agrícola y estiércol, en proporción de 4 a 1 respectivamente (80 % de suelo agrícola y 20% de estiércol).

Primeramente, se hizo una desinfección al suelo en una autoclave para eliminar la presencia de microorganismos y patógenos dañinos. Seguidamente se obtuvo el estiércol parcialmente descompuesto del CIP Illpa de la Facultad de Ciencias Agrarias. El estiércol paso un proceso de solarización de una semana para eliminar patógenos dañinos. Finalmente, el sustrato se tamizo con una zaranda con orificios de ¼” de diámetro para tener una mezcla homogénea.



Figura 4. *Premezclado de sustrato orgánico de suelo agrícola y estiércol de ovino*



Figura 5. *Proceso de mezcla de sustrato orgánico de suelo agrícola y estiércol vacuno*

Después de realizar la mezcla del sustrato se procedió a llenar las bolsas según el peso indicado, como se observa en la figura 6.



Figura 6. *Cálculo del peso de sustrato en las bolsas de repique*

recolectados el día 22 de diciembre, periodo en el que los árboles se encuentran en etapa de producción de frutos maduros (Cecilia López et al., 2018).

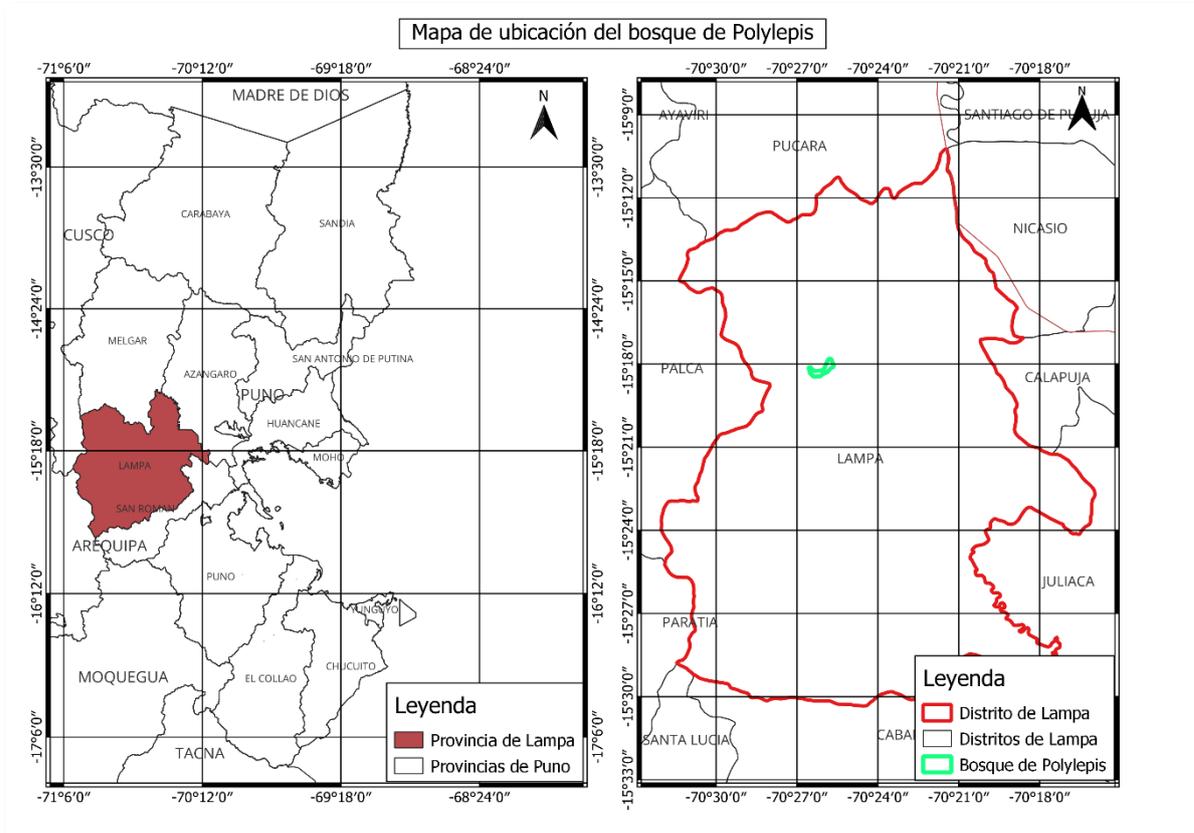


Figura 7. Mapa de ubicación del bosque de *Polylepis sp.*

Los árboles tenían una altura de 2 a 3 m, se recolectaron 336 esquejes con un mínimo de 3 nudos (10 a 15 cm de longitud). Oropeza, (2016) indicó que el material vegetativo debe tener una gran cantidad de rebrotes, además de usar una tijera de podar correctamente desinfectada, tal como se observa en la figura 8.

Así como recomendó Ipizia, (2011) el material se obtuvo en las primeras horas de la mañana, cuando los tallos están turgentes para después mantenerlos envueltos en una tela húmeda, para proteger de la radiación solar.

De acuerdo a Osuna et al., (2017) los esquejes considerados no tuvieron mucho crecimiento, ni con entrenudos muy largos, ni tampoco ramas pequeñas o débiles, además de que la longitud fue entre 10 – 15cm.

Se siguió la recomendación de Mamani (2016), quien asegura que el corte se realiza debajo del nudo por debajo de un grupo de hojas, aproximadamente 9 – 15cm debajo de un punto de retoño saludable.

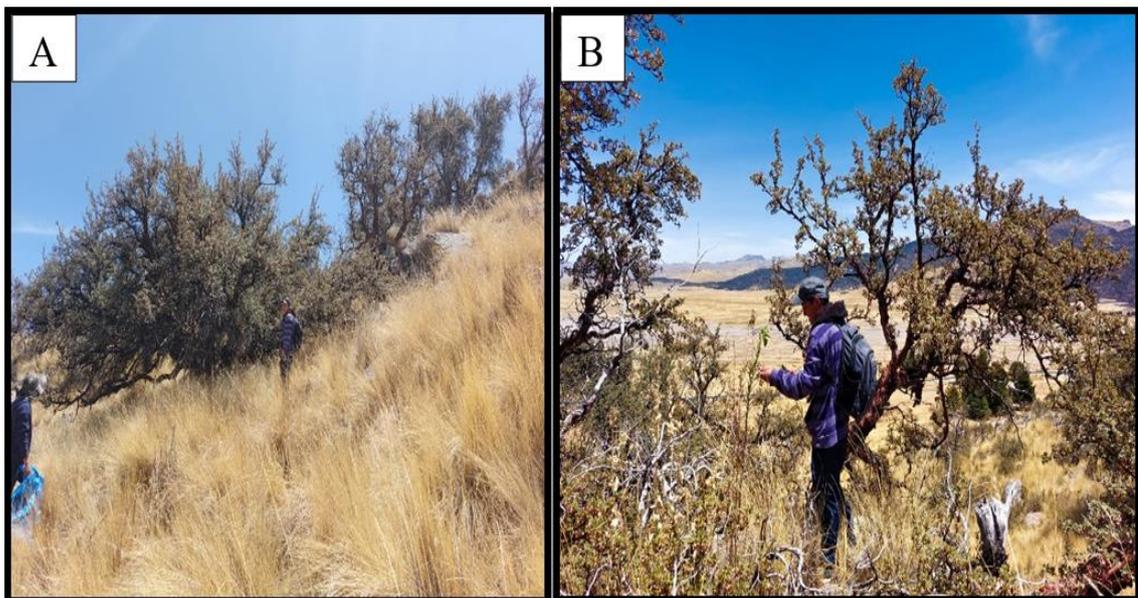


Figura 8. A) *Bosque de Polylepis sp.* B) *Recolección de esquejes el día 22 de diciembre del 2022 de un bosque del distrito de Lampa, provincia de Lampa del departamento de Puno*

Los esquejes se conservaron según lo mencionado por Aquino (2020). Fueron colocados en reposo en agua, con la parte basal sumergida a una profundidad de 10cm por 24 horas (figura 8). Este proceso se llevó a cabo con el objetivo de preservar la humedad y evitar su pérdida.



Figura 9. *Estratificación de esquejes en agua por 24 horas*

3.3.8 Plantación

Después de estar llenadas las bolsas de repique, se realizó un riego para que el sustrato se encuentre a capacidad de campo. Se hicieron agujeros de 10 a 15 cm a todas las bolsas, esto debido al volumen agregado de enraizante con compost. Finalmente, se pusieron los esquejes procurando que dos nudos estén bajo sustrato. Plantación de 336 esquejes (1 esqueje por bolsa) el día 23 de diciembre del 2023.



Figura 10. *Plantación de esquejes el día 23/12/2022*

3.3.9 Riegos

Se realizó el riego con frecuencia usando una regadera, procurando evitar encharcamientos para no crear un microclima favorable para el desarrollo de enfermedades fúngicas, y el esqueje entre en pudrición. Las frecuencias de riego fueron de acuerdo con la capacidad de campo en que estaban las bolsas de repique.

3.3.10 Control de malezas

Esta actividad se realizó manualmente con sumo cuidado, evitando dañar los rebrotes, se realizó con mucha frecuencia debido a que, como indican (Kahl et al., 2017) el estiércol contiene semillas y de no ser controladas oportunamente generan un importante problema de infestación (figura 11).

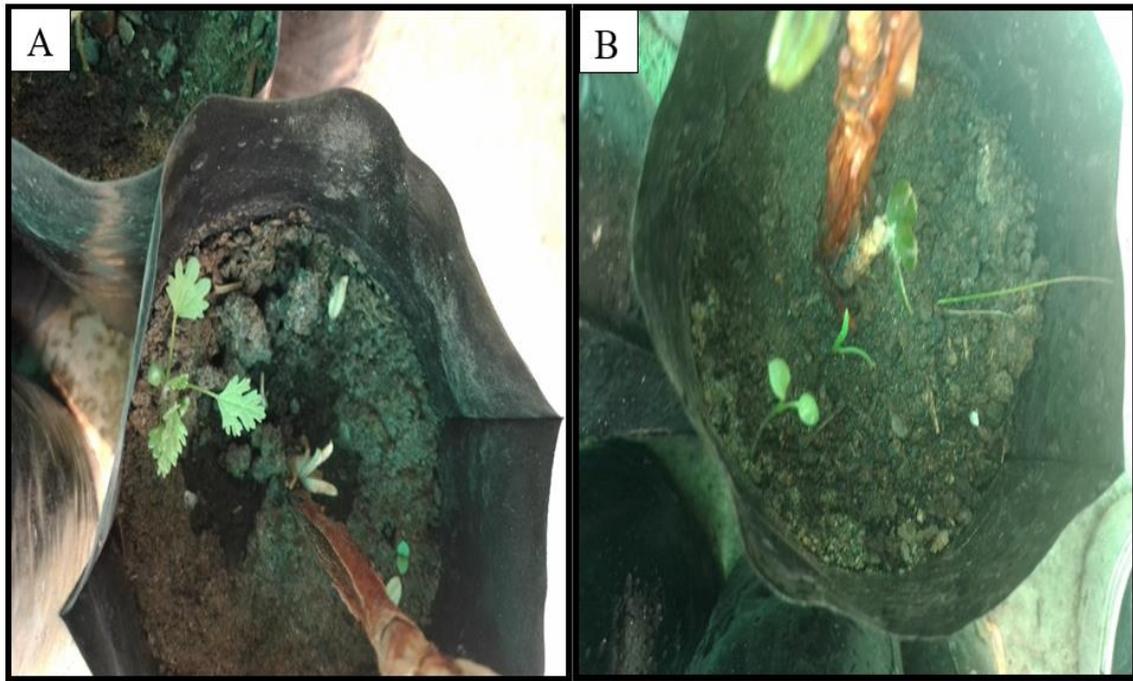


Figura 11. *Presencia de malezas en algunas unidades experimentales.*

3.4 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

Tabla 5

Descripción de las variables en estudio

Tratamiento	Dosis
T-1	Suelo Agrícola 1300 g
T-2	Suelo agrícola 1040g + Estiércol de ovino 260g
T-3	Suelo agrícola 1040g + Estiércol de alpaca 260g
T-4	Suelo agrícola 1040g + Estiércol vacuno 260g
T-5	Suelo agrícola 1034g + Estiércol de ovino 260g + Micorrizas (Raíz fuerte) 1.5g + 6g de compost
T-6	Suelo agrícola 1028g + Estiércol de alpaca 260g + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g + 12g de compost
T-7	Suelo agrícola 1022g + Estiércol vacuno 260g + Micorrizas (Raíz fuerte) 4.5g + 18g de compost

3.5 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL

Las medidas del área experimental son:

- Área unidad experimental : 0.09 m²
- Distancia entre tratamientos : 0.5 m
- Distancia entre repeticiones : 1.0 m.
- Área experimental : 13.44 m²
- Numero de esquejes/unidad experimental : 16
- Numero de esquejes/repeticón : 48
- Número total de esquejes : 336

Siendo la distribución de los tratamientos de la siguiente forma:

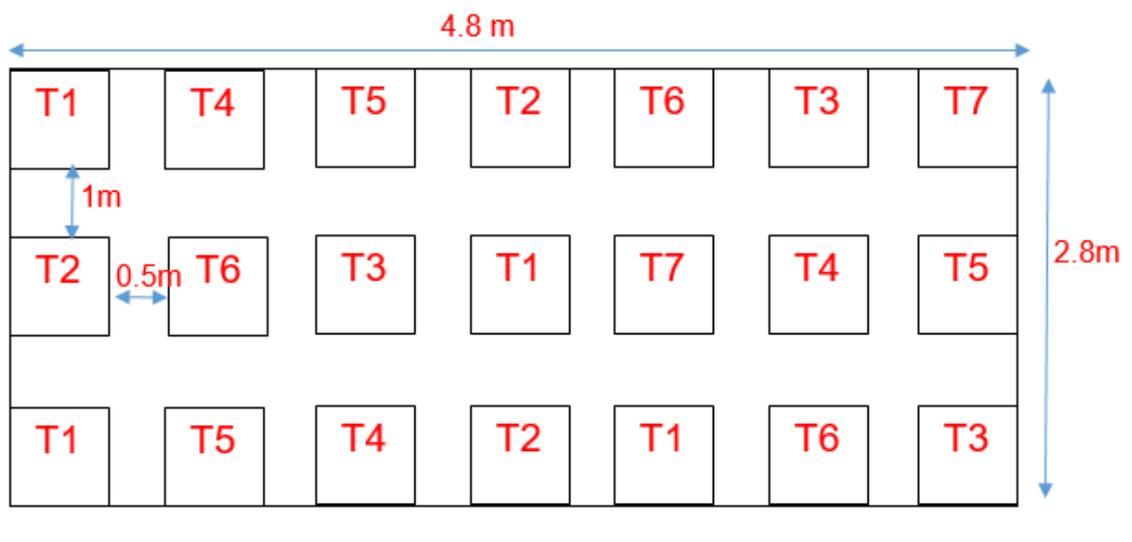


Figura 12. Distribución de los tratamientos

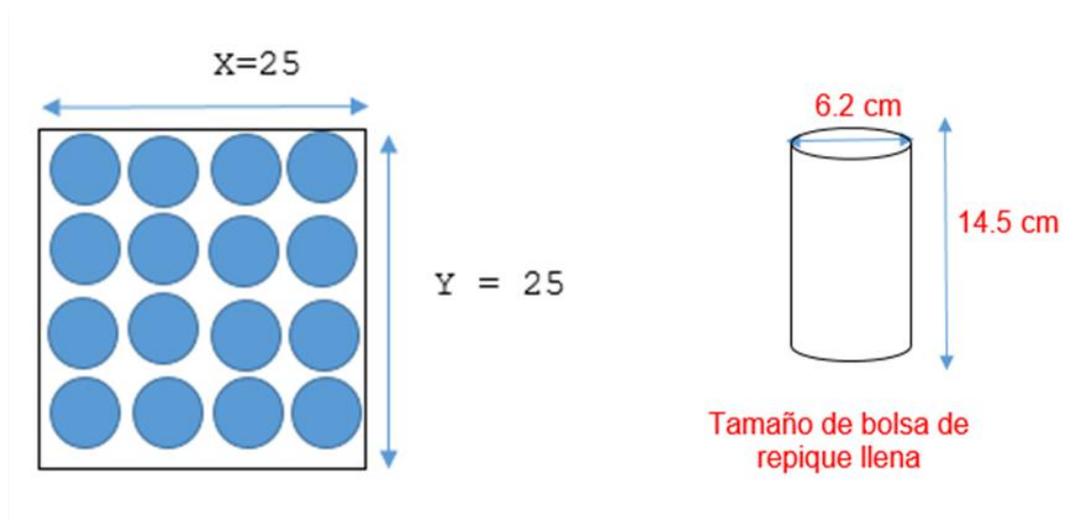


Figura 13. Características de una unidad experimental

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento fue conducido con un diseño completamente al azar (DCA), con siete tratamientos y tres repeticiones. Las poblaciones fueron distribuidas en 21 unidades experimentales. Siendo el modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

Y_{ij} = Es una observación del j-ésima unidad experimental, sujeto al i-ésimo tratamiento.

μ = Es la media general

α_i = Es el efecto del j-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental para la j-ésima unidad experimental (replica), sujeta al i-ésimo tratamiento



Análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar

Tabla 6

Análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar

F. de V.	GL
Tratamientos	$t-1 = 7-1=6$
Error	$t(r-1) = 7(3-1) = 14$
Total	$rt-1 = 3 \times 7 -1= 20$

3.7 EVALUACIONES REALIZADAS

3.7.1 Probabilidad de sobrevivencia

Se determinó la probabilidad de sobrevivencia con evaluaciones cada 30 días hasta el final de la de investigación.

3.7.2 Prendimiento y longitud de brote

Se realizó un registro del prendimiento según la respuesta de los esquejes en los sustratos. Para la longitud se hicieron mediciones cada 15 días, y de estas evaluaciones se tomaron en cuenta 3 datos. Por tanto, los primeros datos registrados y tomados en cuenta fueron a los 30 días, los siguientes datos fueron registrados a los 60 y 90 días.

3.7.3 Número de hojas

Se realizó una cuantificación de todas las hojas tomando 3 esquejes al azar por cada tratamiento cada 15 días de plantación hasta la conclusión del experimento, de estas evaluaciones solo se consideraron 3 datos. Analizando nuestro primer dato a los 30 días de plantación, el segundo y tercer dato se tomaron a los 60 y 90 días respectivamente.



3.7.4 Diámetro y altura de callo

Para esta evaluación se utilizó el vernier para medir el diámetro de callo. La primera evaluación para esta variable fue a los 60 días y después cada 15 días hasta la finalización del experimento, se analizaron los datos a los 60 y 90 días después de la plantación tomando 3 muestras por tratamiento. Cabe mencionar que la evaluación de esta variable se tuvo que hacer con sumo cuidado para no ocasionar estrés en la planta.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer objetivo específico

Determinar la dosis de hongos micorrícicos y tipos de sustratos orgánicos en el prendimiento y tiempo de enraizamiento de esquejes de queñua.

Hipótesis:

Una de las dosis en estudio de hongos micorrícicos y tipos de sustratos orgánicos específicos tendrá un impacto positivo en el enraizamiento de esquejes de queñua.

4.1 PRENDIMIENTO DE ESQUEJES Y TIEMPO DE ENRAIZAMIENTO

Para estudiar el enraizamiento de esquejes en función de la dosis de enraizante, se llevó a cabo un análisis de supervivencia utilizando el modelo “Kaplan-Meier” (figura 14). Este análisis reveló que tanto la temporada de recolección como los sustratos desempeñan un papel crucial en la probabilidad de supervivencia de cada esqueje bajo estudio. Se puede observar que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) exhibió la mayor probabilidad de supervivencia. A los 30, 60 y 90 días, sobrevivieron 39, 27 y 19 esquejes respectivamente en este tratamiento. El tratamiento 7 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno + Micorrizas [Raíz forte] 4.5g) se ubicó en segundo lugar, con 29, 20 y 14 esquejes sobrevivientes en los mismos intervalos de tiempo. Sin embargo, los esquejes no sobrevivieron después de los 130 días aproximadamente.

Por otro lado, el tratamiento 1 (tierra agrícola) presentó resultados favorables con 36, 18 y 7 esquejes sobrevivientes a los 30, 60 y 90 días respectivamente. Estos tratamientos fueron los únicos en los que se observaron esquejes vivos durante los últimos

días de la investigación. En contraste, los tratamientos 3 (Suelo agrícola + Estiércol de alpaca) y 6 (Suelo agrícola + estiércol de alpaca + Micorrizas [Raíz fuerte] 3g) no mostraron esquejes vivos al finalizar los 90 días de evaluación.

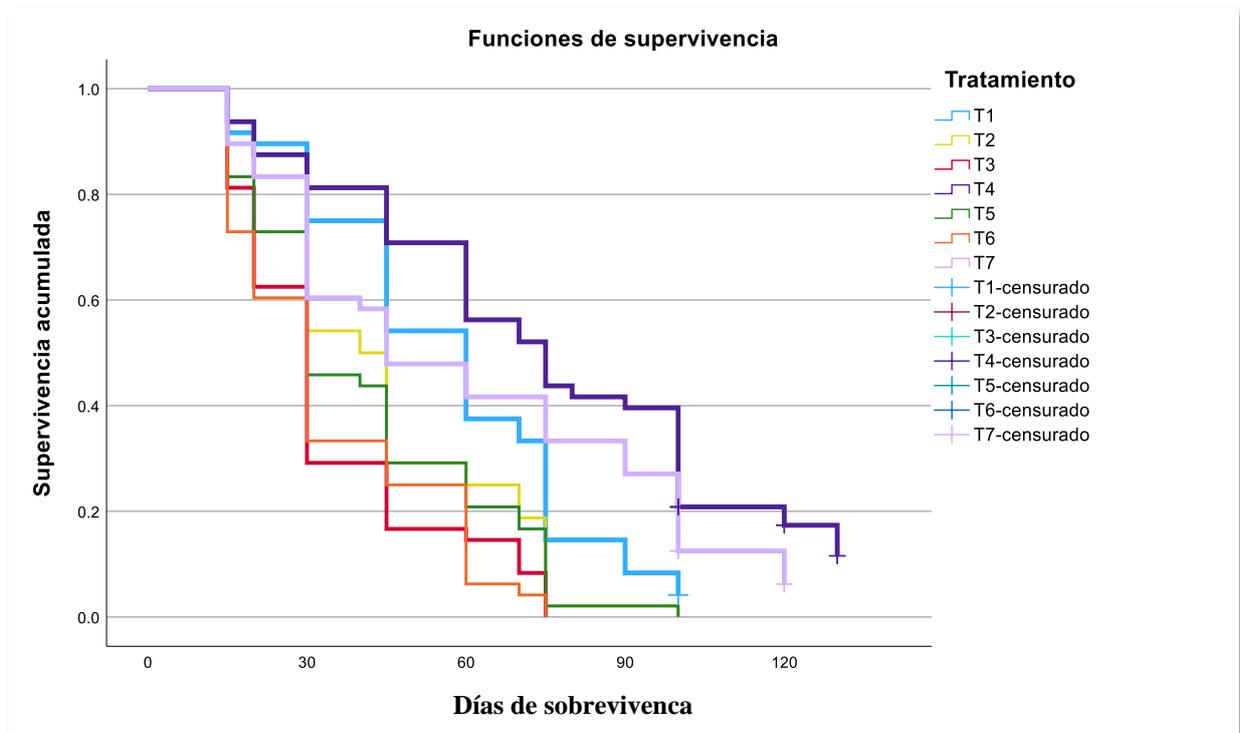


Figura 14. Probabilidad de supervivencia de esquejes de queñua

También es notable que el inicio del proceso de apoptosis ocurre a los 15 días en todos los tratamientos. Este fenómeno continuó de manera constante hasta transcurridos 130 días. Entre los tratamientos, el tratamiento 3 (Suelo agrícola + Estiércol de alpaca) exhibió una mayor incidencia de este proceso natural a los 30 días de evaluación, ya que solo se registraron 13 esquejes vivos en este punto.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Gomez (2021) quien indica que a los 35 días se dio el inicio de muertes en estacas de álamo y así sucesivamente hasta los 75 días de iniciada dicha investigación, es necesario mencionar que uso fitohormonas, diferentes sustratos y diferentes tipos de estaca. Otro resultado similar lo obtuvo Y. D. D. Dominguez (2015) quien aplicando cuatro concentraciones de ácido indolbutírico para



enraizar estacas de Uvilla obtuvo un 0% de estacas enraizadas, con brotes y sobrevivencia. Asimismo, Leví (1987) no obtuvo ningún enraizamiento exitoso (0%) al utilizar estacas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo) que tenían entre 15 y 20 años de edad, cabe mencionar que uso diferentes estimulantes (AIB, AIA y ANA) en cuatro dosis diferentes.

Estos fenómenos tal como lo indican Perez et al., (2007) pueden ser originados por distintos factores que están relacionados estrechamente a la fisiología de las plantas, así como también a su adaptación, envejecimiento, temporada de recolección, temperatura, etc. Asada & Shibata, (2000) mencionan que no hay mucha información de cómo se forman las raíces en diferentes especies de plantas, y que es probable que este proceso sea influenciado por una variedad de factores fisiológicos y ambientales, como la disponibilidad de nutrientes, la relación entre los niveles de carbono y nitrógeno o cambios en la anatomía del tallo.

Blakesley et al., (1991); Smith & Wareing, (1972) mencionan que, al realizar una prueba de ensayo biológico en esquejes de álamo, se observó una disminución en los niveles de auxina en la parte del tallo que desarrolla raíces. Este fenómeno podría atribuirse a cambios estacionales, lo cual a su vez podría haber influido en la capacidad de crecimiento y desarrollo.

Es relevante destacar que la recolección de esquejes en esta investigación se llevó a cabo a finales de mes de diciembre, siguiendo las recomendaciones de (Pretell et al., (1985) para épocas de lluvias. Sin embargo, la precipitación del mes anterior promedió tan solo 20mm. Es importante mencionar la investigación de Bustinza (2016), donde se comprobó que los materiales vegetativos recolectados durante el otoño presentaron una mayor cantidad de estacas que no lograron sobrevivir debido a la insuficiente



acumulación de sustancias de reserva. Además, en los tratamientos de control no se observó la formación de tejido cicatrizante ni la aparición de raíces.

Al comparar la época de recolección de material vegetativo en nuestra investigación con las precipitaciones en los meses correspondientes, se observa que el promedio de precipitación fue similar en ambas épocas. Otra investigación relevante es la de (Muñoz et al., 2011)), la cual resalta la importancia de la época de recolección, ya que sus únicos resultados exitosos en cuanto al enraizamiento de estacas de cirimo se obtuvieron en el mes de setiembre, periodo correspondiente a la temporada de lluvias, lugar de donde extrajeron las estacas.

Tomando esto en cuenta es necesario indicar que esta investigación pretendía comprobar las recomendaciones de Lizana Rojas, (2019) y Oropeza (2016), quienes recomiendan realizar la recolección de esquejes de *Polylepis* sp. en diferentes épocas del año.

Edwards & Thomas, (1980) manifiestan que, según sus observaciones en la propagación del olivo, la formación de callos y raíces adventicias en estacas de especies semileñosas resulta difícil debido a que la baja competencia celular, lo que impide que los tejidos involucrados en el proceso expresen su capacidad para desarrollar estructuras nuevas. No obstante, las auxinas ejercen un efecto directo en la división celular, incrementando la tasa de transporte de carbohidratos y cofactores foliares hacia la base de las estacas, lo que estimula la iniciación y desarrollo de las raíces. En la actualidad, se sabe que los metabolitos y otros cofactores de crecimiento se desplazan hacia las zonas tratadas con auxinas. Esto nos ofrece una idea sobre la importancia de la aplicación de fitohormonas, aunque no podemos descartar otros factores, los cuales se describen a continuación.



Esto guarda estrecha relación con lo expuesto por Gàrate-Díaz (2010), quien concluye que el éxito del enraizamiento comienza con la selección cuidadosa de las plantas madre, el uso de sustratos adecuados para el enraizamiento y el control preciso de las condiciones microambientales, tales como son la iluminación, la humedad relativa y la temperatura ambiental. En relación a los sustratos, es esencial mencionar que nuestros resultados en análisis de suelo (véase en el Anexo 1) indicaron una conductividad eléctrica (C.E.) de 1.23 mS/cm, categorizada como valor que señala un suelo altamente salino, según la clasificación de (Soriano, 2018). Además, tanto Jiménez et al., (2004) como Quiroga et al., (2011) concluyen que la aplicación de estiércol aumenta la conductividad eléctrica, sugiriendo que este incremento, aunque no llegue a niveles críticos, representa un cambio negativo. Sin embargo, en nuestro tratamiento 4 (suelo agrícola + estiércol vacuno), la conductividad eléctrica (Anexo 2) disminuyó considerablemente en comparación con los demás tratamientos. Investigaciones como la de Salazar Sosa et al., (2010) respaldan estos resultados e indican un aumento en el contenido de materia orgánica y nitratos (NO_3). Esto se refleja en nuestros análisis de sustrato (Anexo 2), donde el contenido de materia orgánica aumentó, y según Martín, (2021b), esto mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como la textura y permeabilidad del suelo. Se debe tener en cuenta este incremento.

Por lo tanto, no podemos ignorar lo señalado por Martínez (2005), quien menciona que se puede mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad de retención de agua mediante la incorporación de materia orgánica. Esta mejora podría haber permitido la brotación de hojas y el desarrollo de callos, ya que Acevedo-Alcalá et al., (2020) concluyeron que, al usar y caracterizar estiércoles como componentes de sustratos, se obtuvieron resultados positivos. Otros resultados, como los obtenidos Y. Domínguez,



(2017), muestran un rendimiento regular en el número de hojas por planta en estolones de fresa utilizando sustratos de estiércol vacuno y suelo agrícola.

Con respecto a los resultados del tratamiento 1 (Suelo agrícola), podemos mencionar a Hartman & Kester, (1997)), quienes recomiendan que los sustratos deben tener características como por ejemplo: ser suficientemente densos y firmes para sostener los esquejes, capacidad de retención adecuada de agua y tener buena porosidad para drenar el exceso de agua y permitir la entrada de oxígeno, además de estar libres de semillas de malezas, plagas y patógenos. Sin embargo, Sisaro & Hagiwara, (2016) señalan que el aporte de nutrientes no es tan importante como las otras características mencionadas. Con estas afirmaciones, podemos entender que el Tratamiento 1 (Suelo agrícola) obtuvo resultados aceptables, pero debido a los factores previamente descritos, los esquejes no lograron enraizar.

En resumen, esto concuerda con lo planteado por Aubert et al., (1996); Munné-Bosch & Alegre, (2004); Perez et al., (2007); Rueda et al., (2014), quienes destacan que la adaptación a diferentes medios, en este caso, las estacas, y la época de recolección, fueron los factores más determinantes en la muerte celular programada de los esquejes, como se observa en la figura 15. Esta información es crucial para mejorar los sistemas de propagación de esta especie.

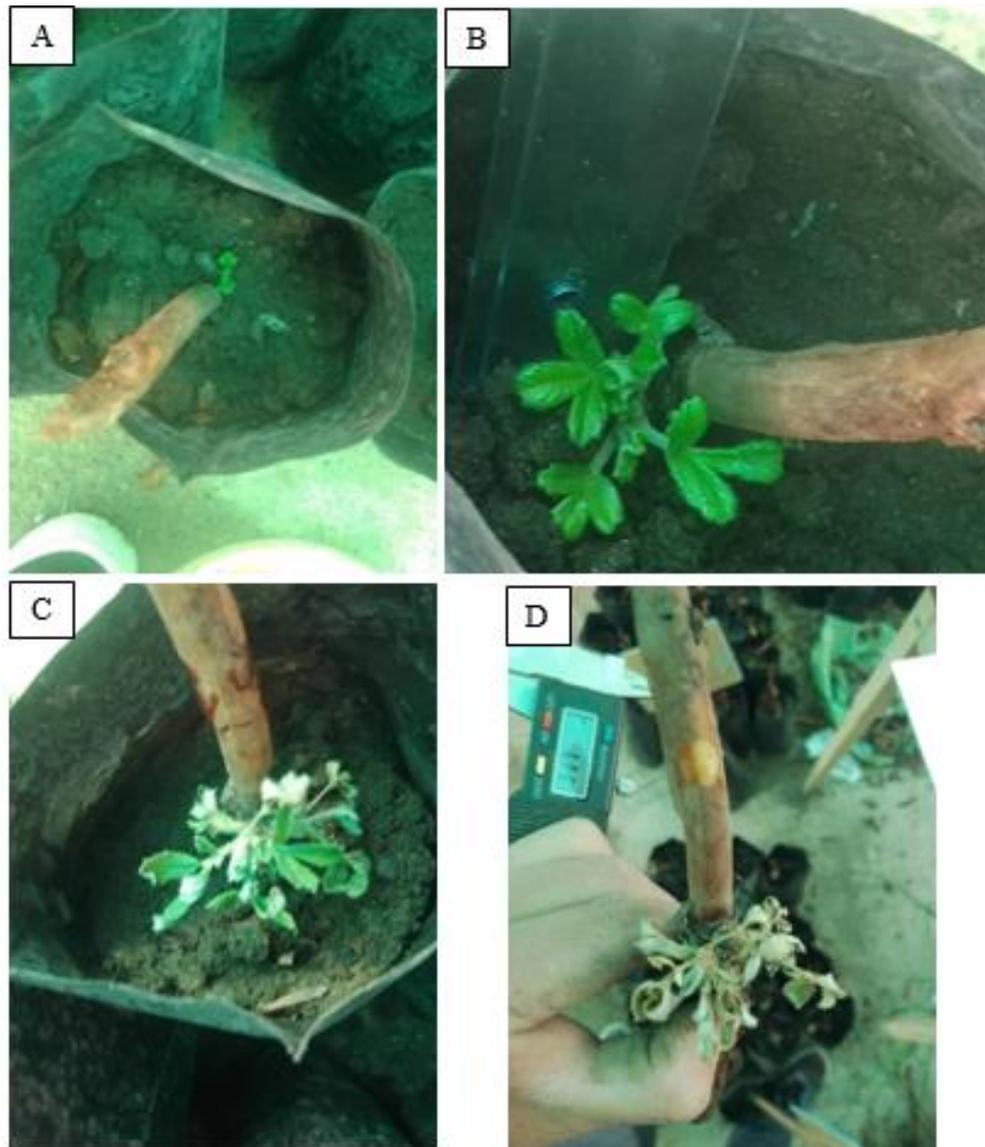


Figura 15. Muerte celular programada de un esqueje. A: esqueje a los 25 días después de la plantación, B: esqueje a los 45 días de plantación, C: esqueje a los 73 días de plantación, D: muerte de esqueje a los 90 días de plantación

Segundo objetivo específico

Evaluar las dosis de hongos micorrícicos y tipos de sustratos orgánicos en el enraizamiento de esquejes de queñua.

Hipótesis

Una de las dosis de hongos micorrícicos y sustratos orgánicos mejorará el crecimiento de número de hojas y longitud de brotes en esquejes de queñua.

CRECIMIENTO DE HOJAS Y FORMACIÓN DE CALLOS

4.2 LONGITUD DE BROTES:

4.2.1 Primera evaluación de Longitud de brotes (30 días)

En la tabla 7 se presenta el resultado de análisis de varianza, donde se observa que el efecto de los tratamientos no influye estadísticamente en la longitud de brotes ($p \geq 0.05$). Esto se debe a que el valor de la F-tabular (3.87), para un nivel de significancia de 0.01, es menor que F_c (2.26). Esto implica que se acepta la H_0 , debido a que los tratamientos tienen resultado estadísticamente similares y que según la prueba de significancia Tukey (consultar Tabla L.12 Anexo), no se observa una diferencia significativa entre los tratamientos

Tabla 7

Análisis de varianza para la longitud de brotes a los 30 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _c	F _t		Sig.
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	3.5569	0.5928	2.2554	2.5990	3.8714	ns
Error experimental	14	3.6799	0.2628				
Total	20	7.2368					

CV=32.20%, \bar{X} =1.59

Se observa que todos los tratamientos generan la longitud de brotes; así también podemos observar que la mayor respuesta en longitud de brote lo obtuvo el tratamiento 7 (Suelo agrícola + estiércol de vacuno + 4.5 gr. de Micorrizas) con un promedio de longitud de 2.23 mm por esqueje y que el tratamiento 2 (Suelo agrícola + estiércol de ovino) obtuvo las menores longitudes de brotes con un promedio de longitud de 1.03 mm, tal como se muestra en la figura 16.

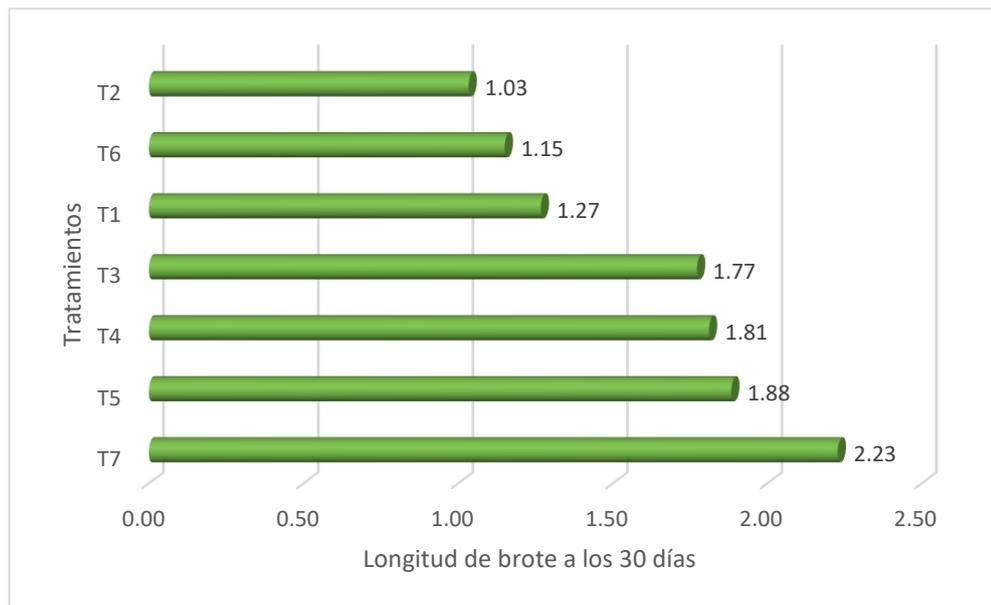


Figura 16. Longitud de brote a los 30 días de evaluación

En relación a la longitud de brotes a los 30 días de evaluación, nuestros resultados son inferiores a los obtenidos por Yana (2021), quien registró un promedio de 0.78 cm al primer mes de evaluación. Esta discrepancia podría atribuirse al hecho de que, de acuerdo con Hartman & Kester, (1997), el tratamiento de esquejes con promotores de enraizamiento disminuye el tiempo de enraizamiento y su uniformidad, afectando así el desarrollo de los brotes. Cabe destacar que Millones & Vásquez (2020) concluyeron que los brotes pueden inducir la formación de raíces en cultivares de zarzamora. Sin embargo, en esta investigación, dicho fenómeno no se observó.

4.2.2 Segunda Evaluación de longitud de brotes (60días)

El análisis de varianza revela una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Esto se debe a que el valor F_c (23.77) supera el valor de la F -tabular (3.87), para un nivel de significancia de 0.01. Como consecuencia, se

rechaza la (H_0) que sugiere que los tratamientos tienen efectos similares. Además, también se puede observar en la tabla 8 un coeficiente de variabilidad del 24.60%.

Tabla 8

Análisis de varianza de longitud de brote a los 60 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	16.1013	2.6836	23.7693	2.5990	3.8714	**
Error experimental	14	1.5806	0.1129				
Total	20	17.6819					

CV=24.60%, \bar{X} =1.37

Los resultados, tal como se muestran en la tabla 9, indican que todos los tratamientos generan brotes y que existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre ellos. Los tratamientos T1 (Suelo Agrícola), T4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) y T7 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno + Micorrizas [Raíz fuerte]) alcanzaron medias de longitud de brotes de 2.66 cm, 2.22 cm y 2.03 cm, respectivamente. En contraste, el tratamiento T3 (Suelo agrícola + Estiércol de alpaca) obtuvo una media de 0.25, siendo la menor longitud de brotes entre los tratamientos (véase Figura A.1 del Anexo).

Tabla 9

Prueba de Tukey para la longitud de brote a los 60 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	longitud de brote (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	T4 (Suelo agrícola + estiércol de vacuno)	2.66	a
2	T1 (Suelo agrícola)	2.22	a
3	T7 (Suelo agrícola + estiércol de vacuno + Micorrizas [Raíz fuerte] 4.5g)	2.03	a b
4	T5 (Suelo agrícola + estiércol de ovino + Micorrizas [Raíz fuerte] 1.5g)	1.18	b c
5	T2 (Suelo agrícola + estiércol de ovino)	0.87	c
6	T6 (Suelo agrícola + estiércol de alpaca + Micorrizas [Raíz fuerte] 3g)	0.37	c
7	T3 (Suelo agrícola + estiércol de alpaca)	0.25	c

Nuestros resultados son similares a los obtenidos por G. Dominguez, (2020), quien registró un promedio de 2.10 cm de longitud de brotes en esquejes de queñual después de 60 días de evaluación, utilizando un tratamiento de Tierra agrícola + arena fina (Testigo). No obstante, estos resultados son relativamente inferiores a los reportados por (Lizana Rojas, 2019), quien obtuvo un promedio de 3.80 cm de longitud de brote en estacas de queñua después de 60 días de evaluación. Esto podría atribuirse a que, según indicó, el material vegetativo utilizado fue de procedencia cercana, y la propagación se llevó a cabo en una cámara de sub-irrigación con condiciones ambientales similares a las del lugar de origen del material vegetativo.

4.2.3 Tercera evaluación de Longitud de brotes (90 días)

En la tabla 10, se presenta el análisis de varianza correspondiente a la longitud de brotes a los 90 días de evaluación. Podemos observar que entre los tratamientos existe una diferencia altamente significativa. Esto se debe a que el valor de F_c (100.52) es superior al valor de F -tabular (3.87), para un nivel de significancia de 0.01. En consecuencia, se rechaza la (H_0) que sugería que los tratamientos tenían efectos similares. Además, en la tabla se muestra un coeficiente de variabilidad 25.08%.

Tabla 10

Análisis de varianza en longitud de brotes a los 90 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	48.0003	8.0000	100.5151	2.5990	3.8714	**
Error experimental	14	1.1143	0.0796				
Total	20	17.6819					

CV=25.08%, \bar{X} =1.13

En la tabla 11 se puede observar que el tratamiento T4(Suelo agrícola + Estiércol vacuno) alcanzó un promedio de 4.14 cm, siendo este el que produjo mayor longitud de brote. Le sigue el tratamiento T7 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno + Micorrizas [Raíz forte] 4.5g) con un promedio de longitud de 2.47 cm, y finalmente, el tratamiento T1(Suelo agrícola) obtuvo un promedio de 1.26 cm de longitud de brote, siendo el menor entre los tratamientos en términos de longitud de brote. Por otro lado, los tratamientos T6 (Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas [Raíz forte] 3.5g), T5 (Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas [Raíz forte] 1.5g), T2(Suelo agrícola + Estiércol de ovino) y T3(Suelo agrícola + Estiércol de alpaca) no lograron generar brotes debido a su tiempo de sobrevivencia (consultar Figura B.2 en el Anexo). Estos resultados nos llevan a comprender que los tres primeros tratamientos son significativamente diferentes entre sí, así como también en comparación con aquellos que no generaron brotes.

Tabla 11

Prueba de Tukey para la longitud de brotes a los 90 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	Longitud	Sig.
1	T4: Suelo agrícola + Estiércol vacuno	4.14	a
2	T7: Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	2.47	b
3	T1: Suelo agrícola	1.26	c
4	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz forte) 1.5g	0	d
5	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino	0	d
6	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz forte) 3gr	0	d
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	0	d

Nuestros resultados son menores en comparación con los obtenidos por Yana, (2021) quien registró una longitud de brote de 6.7 cm. Sin embargo,



nuestros resultados se asemejan a la longitud obtenida en su tratamiento testigo, con un promedio de 2.35cm. Esto podría atribuirse al uso de la fitohormona enraizante química (AIB rapid root), lo cual respalda lo mencionado por Hartman & Kester, (1997), quienes indicaron que el tratamiento de esquejes con promotores de enraizamiento disminuye el tiempo de enraizamiento y su uniformidad, y por ende, también afecta el desarrollo de los brotes.

Además, nuestros resultados son inferiores a los obtenidos por Oropeza, (2016) quien logró un promedio de 20.44 cm en su tratamiento testigo, y su tratamiento más efectivo obtuvo una longitud de brote de 45.38cm. Cabe destacar que su investigación se llevó a cabo durante un periodo de cinco meses. Estos resultados también concuerdan con lo hallazgos de Acevedo-Alcalá et al., (2020), quienes concluyeron que el estiércol vacuno presentaba valores bajos de pH, CE y Na en comparación con el estiércol de ovino, que a su vez presentaba altos valores altos de pH y CE. Esto sugiere que el uso de estiércol de vacuno al 20 % de volumen en un sustrato es adecuado para la producción de plántulas.

En la tabla 12, se presentan los resultados de todos los análisis de varianza. Se observa que, a los 30 días de evaluación, los tratamientos no influyen significativamente en la longitud de brotes ($p \geq 0.05$). Sin embargo, a los 60 días, se observa una influencia significativamente alta de los tratamientos en la longitud de brotes. Asimismo, a los 90 días de evaluación, se evidencia una influencia altamente significativa de los tratamientos en la longitud de los brotes.

Tabla 12*Resultados de análisis de varianza en las evaluaciones realizadas.*

Factor de variación	30 días de evaluación	60 días de evaluación	90 días de evaluación
Tratamientos	ns	**	**
CV	32.1962	24.6029	25.0824
R ²	0.4915	0.9106	0.9773
media general	1.5921	1.3655	1.1251

** : Altamente significativo, * : Significativo, ns: no Significativo, R²: Coeficiente de determinación, CV: Coeficiente de variación

4.3 NÚMERO DE HOJAS

4.3.1 Primera evaluación (30 días)

En los resultados del análisis de varianza, se observa que el efecto de los tratamientos no influye de manera estadísticamente significativa en el número de hojas ($p \geq 0.05$). Esta falta de influencia se debe a que el valor de F-tabular (4.46), para un nivel de significancia de 0.01, es mayor que el valor Fc (0.35), tal como se muestra la tabla 13. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula (Ho), ya que los tratamientos arrojan resultados estadísticamente similares. Además, según la prueba de significancia de Tukey (consultar Tabla M.13 en el Anexo), no se observa diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 13*Análisis de varianza para número de hojas a los 30 días evaluación.*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	0.5603	0.0934	0.3456	2.8477	4.4558	ns
Error experimental	14	3.7831	0.2702				
Total	20	17.6819					

CV=33.95%, \bar{X} = 1.53

En la figura 17 se pueden observar los resultados de generación de hojas para todos los tratamientos. Además, se nota que la mayor respuesta en términos del número de hojas se observó en el tratamiento 1 (Suelo agrícola) con un promedio de longitud de 1.89 hojas por esqueje. En contraste, el tratamiento 3 (Suelo agrícola + estiércol de alpaca) registró la menor cantidad de hojas, con un promedio de longitud de 1.33 hojas por esqueje.

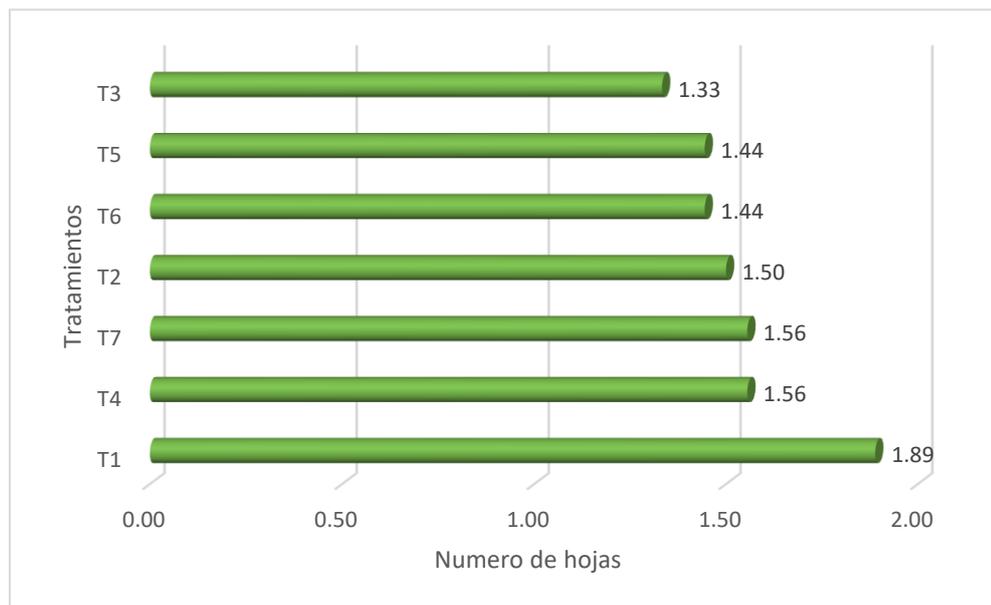


Figura 17. *Número de hojas a los 30 días de plantación*

Estos resultados se relacionan con los hallazgos de G. Dominguez (2020), quien obtuvo promedios inferiores a 2 hojas por esquejes a los 30 días de evaluación. Estos resultados podrían proporcionarnos una idea sobre la importancia de los nutrientes y la materia orgánica en el suelo agrícola. De hecho, estudios como los de G. Dominguez, (2020); Wander et al., (1994) señalan que la materia orgánica refleja cambios en la calidad del suelo y, por ende, en el desarrollo vegetativo. También destacan que el enraizamiento está correlacionado con los niveles de fósforo (P) y potasio (K) en los sustratos. Así, podemos vincular los resultados del análisis de fertilidad de suelos, donde se observaron valores

relativamente altos de materia orgánica (M.O%) con un porcentaje de 3.19%, y de fósforo (P) y potasio (K) con 19.80 y 190 ppm respectivamente.

4.3.2 Segunda evaluación (60 días)

En la tabla 14 siguiente se presenta el análisis de varianza correspondiente al número de hojas a los 60 días de evaluación. Podemos señalar que entre los tratamientos existe una diferencia altamente significativa. Esta diferencia se debe a que el valor de Fc (32.44) es superior al valor F-tabular (3.87) para un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) que sugería que los efectos de los tratamientos eran similares. Además, en la tabla se muestra un coeficiente de variabilidad del 21.19%.

Tabla 14

Análisis de varianza para el número de hojas a los 60 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	53.5926	8.9321	32.4360	2.8477	4.4558	**
Error experimental	14	3.8553	0.2754				
Total	20	17.6819					

CV=21.19%, \bar{X} = 2.48

En la figura C.3 del Anexo se observa que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) obtuvo el mejor promedio, con un total de 5.22 hojas por esqueje. Por el contrario, el tratamiento 3 (Suelo agrícola + Estiércol de alpaca) registró el menor número de hojas, con un promedio de 1.00 hojas por esqueje.

En la tabla 15, se observa que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) tiene un promedio mayor de 5.22 hojas por esqueje en comparación con los resultados anteriores, lo que indica una superioridad estadística sobre los

demás tratamientos. Le sigue el tratamiento 1 (Suelo Agrícola) con un promedio de 3.78 hojas por esqueje y el tratamiento T7 (Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g) con una media de 3.73 hojas por esqueje (véase Figura C.3 en el Anexo). Estos tres tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas.

Los tratamientos con menor promedio de hojas fueron los siguientes: T2(Suelo agrícola + Estiércol de ovino Estiércol de alpaca + Micorrizas [Raíz fuerte] 3g), T5 (Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas [Raíz fuerte] 1.5g), T6 (Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas [Raíz fuerte] 3g), y T3 (Suelo agrícola + Estiércol de alpaca), con medias de 1.28, 1.22, 1.11 y 1.00 respectivamente. Estos tratamientos presentan igualdad estadística en este aspecto.

Tabla 15

Prueba de Tukey para el número de hojas a los 60 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	Longitud	Sig.
1	T4: Suelo agrícola + Estiércol vacuno	5.22	a
2	T1: Suelo Agrícola	3.78	a b
3	T7: Suelo agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	3.73	b
4	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g	1.28	c
5	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz fuerte) 1.5g	1.22	c
6	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g	1.11	c
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	1.00	c

Lo resultados del tratamiento T4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) muestran similitudes con los obtenidos por G. Dominguez (2020), quien obtuvo un promedio de 4 a 5 hojas por esqueje en los tratamientos T2 (tierra agrícola + tierra negra + arena fina) y T3 (tierra agrícola + humus + arena fina),

respectivamente. Sin embargo, sus resultados con un menor número de hojas difieren de los nuestros, ya que obtuvo un rango de 2 a 3 hojas por esqueje en tratamientos que involucran tierra (negra + humus + arena fina) y (con tierra agrícola + arena fina). Estos tratamientos fueron diferenciados por su análisis de fertilidad. Esta disparidad podría deberse a la relación dependiente entre las hojas y las raíces, como menciona Weaver, (1976), donde la falta de desarrollo de raíces y callos resultó en un escaso crecimiento de hojas.

Otros resultados, como los presentados por Y. Dominguez, (2017), son inferiores a los obtenidos en esta investigación. En su estudio sobre la propagación de fresas, obtuvo promedios de 2.90 y 2.43 hojas por estolón en los tratamientos Estiércol de vacuno 20 TM/Ha + EMa: 15% y Estiércol de cuy 20 TM/Ha + EMa: 15%, respectivamente. Es probable que esta diferencia en los promedios se deba al hecho de que la cosecha en el cultivo de fresa que se lleva a cabo 5 meses después del trasplante.

4.3.3 Tercera Evaluación (90 días)

En la tabla 16 se observa que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Esto se debe a que el valor de F de la tabla (3.87), para un nivel significancia de 0.01, es menor que el valor F calculado (73.84). Esta situación nos lleva a rechazar la hipótesis nula (H_0), la cual afirmaba que los efectos de los tratamientos sean similares.

Adicionalmente, se puede notar un coeficiente de variabilidad del 29.47%, lo que indica una cierta dispersión en los resultados obtenidos

Tabla 16

Análisis de varianza para el número de hojas a los 90 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	190.6840	31.7807	73.8448	2.5990	3.8714	**
Error experimental	14	6.0250	0.4304				
Total	20	196.7090					

CV=29.47%, \bar{X} =2.23

En la figura D.4 del Anexo se puede observar que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) registró el mejor promedio de 8.50 hojas por esqueje. Por el contrario, el tratamiento 1 (Suelo Agrícola) obtuvo el menor número de hojas, con un promedio de 2.86 hojas por esqueje.

En la tabla 17, se presenta la prueba de Tukey aplicada al número de hojas al tercer mes de evaluación. Se observa que el tratamiento T4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) registró el mayor número de hojas, con un promedio de 8.50 hojas por esqueje. Este resultado es estadísticamente significativamente superior a los demás tratamientos. Le sigue el tratamiento T7(Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g), con una media de 4.22 y el tratamiento T1 (Suelo agrícola), que presentó un promedio de tan solo 2.56 hojas por esqueje. Ambos resultados son estadísticamente superiores a los demás tratamientos.

Tabla 17*Prueba de Tukey para el número de hojas a los 90 días de evaluación.*

Orden de merito	Tratamiento	Longitud	Sig.
1	T4: Suelo agrícola + Estiércol vacuno	8.50	a
2	T1: Suelo Agrícola	4.22	b
3	T7: Suelo agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	2.86	b
4	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g	0.00	c
5	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz fuerte) 1.5g	0.00	c
6	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g	0.00	c
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	0.00	c

(Oropeza, 2016) obtuvo un promedio de 25.9 hojas en un tratamiento con aplicación de AIB (2250 ppm) a los 5 meses. Este fue su mejor promedio entre los distintos tratamientos y mostró resultados muy elevados en comparación con los nuestros. Cabe mencionar que nuestros resultados se asemejan al promedio de su grupo de control (AIB 0 ppm), el cual registró 8.8 hojas por esqueje. Esto posiblemente se debe a diversos factores; uno de ellos podría ser la duración de su investigación, que abarcó 5 meses. Otro factor podría estar relacionado a la aplicación de fitohormonas, ya que según lo señalado por Mesén (1998), esta auxina demostró ser más efectiva que otras fitohormonas. Además, esto podría estar relacionado con la época de recolección, dado que, al inicio de la temporada de lluvias, el nivel de humedad aumenta, lo que activa la zona generatriz o el cambium (M. Soto, 1995).

Resultados similares a los nuestros fueron encontrados por Quispe Callisaya, (2013), quien obtuvo promedios entre 7.52 hasta 8.39 hojas por esqueje utilizando tratamientos de extracto de sauce y agua de coco, así como diferentes sustratos. Estos resultados también se asemejan a los obtenidos por Cruz, (1999), con promedios de 9.67 y 11.05 en número de hojas, y por Hoyos, (2004), quien



registró medias de 6.8 y 9.05 en número de hojas. Estas cifras son similares a nuestro tratamiento con el promedio más alto. Tales resultados sugieren la importancia significativa de las hormonas de crecimiento, ya que, al ser aplicadas, actúan como mecanismos de control en los procesos bioquímicos de las plantas, influyendo positivamente en la formación de órganos en los vegetales (Alcantara et al., 2019).

Por otro lado, (L. Soto, 2013) encontró resultados que variaban entre 2.5 hasta 3.5 hojas por esqueje de queñua. Sin embargo, no identificó diferencias significativas entre ellos, ya que los resultados eran similares. Aunque eran inferiores a nuestro mejor promedio, esto podría deberse al tiempo más corto de ejecución de su investigación, que duró 65 días. En conclusión, el promedio de sus hojas es similar a nuestros otros tratamientos, pero en un periodo menor debido a la aplicación de fitohormonas. Otro estudio similar a nuestros tratamientos que reportó la producción de hojas fue el de Marcañaupa, (2014), quien obtuvo promedios que oscilaban entre 3 y 9.3 hojas por esqueje a los 90 días de evaluación. Este estudio se realizó con plántones de durazno y aplicó tratamientos con sustratos compuestos por estiércol de ovino, estiércol vacuno y humus.

4.4 DIÁMETRO Y ALTURA DE CALLO

4.4.1 Diámetro de callo (60 días)

En la tabla 18 siguiente se observa una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Esto se debe a que el valor de F_c (14.59), para un nivel de significancia de 0.01, es mayor que F_{tabular} (3.87). Esta discrepancia indica que la hipótesis nula (H_0), que afirmaba que los efectos de los tratamientos eran

similares, debe ser rechazada. También se puede notar un coeficiente de variabilidad de 25.13%.

Tabla 18

Análisis de varianza para el diámetro de callo a los 60 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	3.2913	0.5486	14.5910	2.5990	3.8714	**
Error experimental	14	0.5263	0.0376				
Total	20	3.8177					

CV=25.13%, \bar{X} = 0.77

En la tabla 19 se puede observar que el tratamiento T4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) obtuvo el mayor promedio de diámetro de callos, alcanzando 1.52 mm. Este tratamiento es estadísticamente superior a los demás. Le sigue el tratamiento T7(Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g) con una media de 1.01, y estos resultados también son estadísticamente superiores a los demás tratamientos. Por otro lado, los restantes tratamientos no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí. Además, se observa que el tratamiento T3 estadísticamente inferior a los demás ($p \geq 0.05$).

Tabla 19*Prueba de Tukey para el diámetro de callo a los 60 días de evaluación.*

Orden de mérito	Tratamiento	Longitud	Sig.		
1	T4: Suelo agrícola + Estiércol vacuno	1.52	a		
2	T7: Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	1.01	a	b	
3	T1: Suelo agrícola	0.92		b	c
4	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz fuerte) 1.5g	0.74		b	c d
5	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino	0.53		b	c d
6	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g	0.45			c d
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	0.23			d

También se observa que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) tuvo la media de 1.52 mm siendo este resultado mejor en comparación de los demás. Contrariamente, el de menor promedio de diámetro, fue el tratamiento 3 (Suelo Agrícola + Estiércol de alpaca) que obtuvo un promedio de 0.23 de diámetro de callo. (véase figura E.5 del Anexo).

4.4.2 Altura de callos (60 días)

Se observa en la tabla 20, que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Esto se debe a que el valor de F calculado (20.46) es mayor que el valor crítico de F-tabular (3.87) para un nivel de significancia de 0.01. Por lo tanto, podemos concluir que rechazamos la hipótesis nula (H_0) que afirmaba que los efectos de los tratamientos son similares. Además, se observa un coeficiente de variabilidad de (20.49%), indicando la dispersión de los datos.

Tabla 20

Análisis de varianza para altura de callo a los 60 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	3.7238	0.6206	26.3457	2.5990	3.8714	**
Error experimental	14	0.3298	0.0236				
Total	20	4.0536					

CV=19.24%, \bar{X} = 0.80

Se puede observar en la tabla 21 que se destaca el tratamiento T1 (Suelo agrícola) exhibió el mayor promedio de diámetro de callos, con 1.52 mm. Le siguieron en orden el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) y el tratamiento T7(Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g), con medias de 1.26. Estos dos últimos resultados fueron estadísticamente superiores a los obtenidos en los demás tratamientos. En contraste, los restantes tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Tabla 21

Prueba de Tukey para la altura de callo a los 60 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	Longitud	Sig.
1	T1: Suelo agrícola	1.34	a
2	T4: Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno	1.26	a
3	T7: Suelo agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	1.18	a
4	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz fuerte) 1.5g	0.68	b
5	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino	0.53	b
6	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g	0.32	b
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	0.27	B

En la figura F.6 del Anexo, se muestran la media de la altura de callo a los 60 días de evaluación. En esta figura, se puede apreciar que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) presento una media de 1.34 mm, lo cual representa



el resultado más favorable en comparación con los demás tratamientos. Por otro lado, en contraste, el tratamiento 3 (Suelo Agrícola + Estiércol de alpaca) registró el menor promedio de diámetro, con tan solo 0.27 mm. Estos hallazgos destacan las diferencias entre los tratamientos en términos de la respuesta del callo.

Nuestros resultados se asemejan a los obtenidos por Lizana Rojas (2019), quien observó la formación de callos al primer mes después de instalar su ensayo. Esto respalda lo mencionado por Vincenty (2019), quien sostiene que la formación de callos ocurre en las zonas lesionadas como parte de un mecanismo de cicatrización. Este proceso provoca cambios en los niveles endógenos de hormonas como auxinas y citoquininas. Siguiendo esta línea de pensamiento, podemos respaldar la afirmación de Urbina-Vallejo (2005), quien señala que la formación de callos genera un estímulo para la creación de iniciadores radicales.

4.4.3 Diámetro de callo (90 días)

Se realizó el análisis de varianza para diámetro de callo a los 90 días de evaluación, el cual se presenta en la tabla 22 siguiente. Podemos afirmar que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos. Esta disparidad se debe a que el valor F calculado (389.77) para un nivel significancia de 0.01 es considerablemente mayor que el valor crítico F tabulado (3.87). Esta discrepancia se interpreta como la necesidad de rechazar la hipótesis nula (H_0) que afirmaba que los efectos de los tratamientos eran similares. Además, se observa coeficiente de variabilidad de (10.03%).

Tabla 22*Análisis de varianza de diámetro de callo a los 90 días de evaluación.*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	13.0406	2.1734	389.77	2.5990	3.8714	**
Error experimental	14	0.0781	0.0056				
Total	20	6.2983					

CV=10.03%, \bar{X} = 0.74

Se realizó la prueba de comparación de Tukey para el diámetro de callo al tercer mes de evaluación, cuyos resultados se presentan en la tabla 23. En dicha tabla, se observa que el tratamiento T4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) registró el mayor promedio de diámetro de callos, con 2.05 mm. Le siguió el tratamiento T7 (Suelo agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas [Raíz fuerte] 4.5 g), cuya media fue de 1.75 mm. Estos resultados superan significativamente a los obtenidos en los demás tratamientos. En contraste, los restantes tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$).

Tabla 23*Prueba de Tukey para diámetro de callo a los 90 días de evaluación.*

Orden de mérito	Tratamiento	Longitud	Sig.
1	T4: Suelo agrícola + Estiércol de vacuno	2.05	a
2	T7: Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 gr	1.75	b
3	T1: Suelo agrícola	0.92	c
4	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz fuerte) 1.5g	0.26	d
5	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino	0.23	d
6	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g + Estiércol de ovino + Estiércol de ovino	0.00	e
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	0.00	e

En la figura G.7 del Anexo, se presenta la media del diámetro de callo a los 90 días de evaluación. En esta figura, se puede observar que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) alcanzó una media de diámetro de callos de 2.05 mm, lo cual representa un resultado superior en comparación con los demás tratamientos. Por otro lado, de manera opuesta, el tratamiento 3 (Suelo Agrícola + Estiércol de alpaca) no presentó desarrollo de callos en este periodo.

4.4.4 Altura de callo (90 días)

Se realizó el análisis de varianza para la altura de callo a los 90 días de evaluación que se puede observar en la siguiente tabla 24, podemos afirmar que para los tratamientos existe diferencia altamente significativa esto se debe a que la F_c (53.85) para un nivel significancia de 0.01 es mayor que F -tabular (3.87), esto nos indica que se rechaza la H_0 , de que los efectos de los tratamientos sean similares. Así como también observamos un coeficiente de variabilidad de (27.92%).

Tabla 24

Análisis de varianza para altura de callo a los 90 días de evaluación.

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig
					0.05	0.01	
Tratamientos	6	13.5800	2.2633	53.85	2.5990	3.8714	**
Error experimental	14	0.5885	0.0420				
Total	20	14.1685					

CV=27.92%, \bar{X} =0.73

En la tabla 25 se observa que el tratamiento T4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) registró el mayor promedio de diámetro de callos, con 2.17 mm. Le siguió el tratamiento T7 (Suelo agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas [Raíz fuerte] 4.5 g), con una media de 1.64 mm. Inmediatamente después se encuentra el

tratamiento T1 (Suelo agrícola), con un promedio de 0.90 mm. Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$) entre los demás tratamientos.

Tabla 25

Prueba de Tukey para la altura de callo a los 90 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	Longitud	Sig.
1	T4: Suelo agrícola + Estiércol de vacuno	2.17	a
2	T7: Suelo Agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	1.64	a
3	T1: Suelo agrícola	0.90	b
4	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz fuerte) 1.5g	0.26	c
5	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino	0.17	c
6	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz fuerte) 3g + Estiércol de ovino + Estiércol de ovino	0.00	c
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	0.00	c

En la figura H.8 del Anexo se presenta la media en altura de callo a los 90 días de evaluación. Se observa que el tratamiento 4 (Suelo agrícola + Estiércol vacuno) alcanzó un promedio de altura de callos de 2.05 mm, lo cual representa un resultado superior en comparación de los demás tratamientos. En contraste, el tratamiento 3 (Suelo Agrícola + Estiércol de alpaca) no presentó desarrollo de callos en este periodo.

Los resultados guardan similitud con los obtenidos por Alejandro (1997). Esto se debe a que logró un enraizamiento adecuado, atribuyendo esta situación, en su interpretación, al desarrollo de otras características como la formación excesiva de callos y la aparición de brotes. Esta circunstancia podría estar influenciada por diversos factores. Uno de ellos destaca que la falta de producción de raíces, en ciertos casos, puede estar relacionada con la orientación de la planta



hacia la formación de brotes vegetativos en lugar de priorizar la formación de raíces (Lörz et al., 1983).

Otros resultados como el de Gomez (2021), indican que, incluso aplicando auxinas en estacas de cantuta, no se generó desarrollo de raíces y tampoco se logró la supervivencia. Esto podría respaldar lo afirmado por Sisaro & Hagiwara (2016), quienes mencionan que la formación y presencia de callos no garantiza necesariamente la generación de nuevas raíces. Por otro lado, Centeno & Madrid (2008) obtuvieron un porcentaje de enraizamiento del 6% en esquejes de Olivo sin ningún tratamiento. Esta pequeña diferencia en los porcentajes de enraizamiento podría deberse a que en su investigación se realizó durante la temporada de lluvias y también a que el cultivar “Cornicabra” mostraba una moderada facilidad de enraizamiento Wiesman & Lavee, (1995), además de emplear diferentes tipos de sustrato.

No podemos dejar de mencionar las indicaciones de Hartmann et al., (2002), quienes señalan que algunas especies pueden beneficiarse de una falta de callosidad, ya que un exceso de callos puede obstaculizar el proceso de enraizamiento.

Es plausible que nuestros resultados estén vinculados con los de Owen & Lopez, (2019), quienes concluyeron que la calidad de luz influye en una mejor comprensión de la formación de callos en esquejes y su morfología.



V. CONCLUSIONES

El efecto de los tratamientos en el enraizamiento de esquejes de *Polylepis* sp. fue la formación de callos, crecimiento de longitud de brote y formación de hojas, sin embargo, ocurrió el fenómeno natural de muerte celular programada (MCP), también conocido como apoptosis. Este fenómeno podría haberse originado por la época de recolección, la conductividad eléctrica, la textura y estructura de los sustratos utilizados, los cuales ejercieron una influencia negativa en el desarrollo de raíces y en el prendimiento definitivo de esquejes de *Polylepis* sp.

Se concluye que el tratamiento 4 destacó por tener la mayor tasa de supervivencia, ya que, a los 30, 60 y 90 días, se registraron 39, 27 y 19 esquejes sobrevivientes, respectivamente. En segundo lugar, el tratamiento 7 exhibió 29, 20 y 14 esquejes vivos en esos mismos lapsos de tiempo. El tercer lugar lo ocupó el tratamiento 1, con resultados favorables de 36, 18 y 7 esquejes sobrevivientes a los 30, 60 y 90 días, respectivamente. Estos tratamientos también evidenciaron un crecimiento significativo en la longitud de los brotes, el número de hojas, así como en el diámetro y la altura del callo. En contraste, los tratamientos 2, 3 y 6 carecieron de esquejes vivos al término de los 90 días de evaluación, presentando una menor cantidad de esquejes, un tiempo de supervivencia reducido y un desarrollo inferior en la longitud de los brotes y el número de hojas.

El sustrato de suelo agrícola con estiércol vacuno presentó una duración prolongada, destacándose por exhibir un vigoroso crecimiento en términos de brotes de hojas y longitud de brote. Esto se atribuye a su capacidad para retener agua, lo que favoreció el desarrollo de callos. Además, este sustrato sobresalió en la mayoría de las variables evaluadas en comparación con los demás tratamientos. Es relevante señalar que



este tratamiento registró la menor conductividad eléctrica (C.E) en comparación con los otros tratamientos.



VI. RECOMENDACIONES

Dada la influencia de la época de recolección, la conductividad eléctrica y los sustratos, se sugiere recolectar los esquejes en época de lluvias. Además, se recomienda realizar un análisis y selección rigurosa de los sustratos, buscando niveles adecuados de conductividad eléctrica y una textura que favorezca el enraizamiento y mejore la propagación. Asimismo, se plantea la conveniencia de llevar a cabo investigaciones complementarias para explorar cómo estos factores interactúan entre sí, lo cual podría proporcionar una comprensión más completa de los procesos involucrados en la propagación de la especie.

Se sugiere llevar a cabo investigaciones que involucren diferentes dosis y tipos de micorrizas. Además, se recomienda ajustar las condiciones de aplicación para evaluar la posible obtención de beneficios en términos de desarrollo radicular y éxito en el prendimiento de los esquejes. Considerar la utilización de otros productos que contengan hongos micorrícicos o la aplicación de hongos micorrícicos naturales en la propagación esquejes de *Polylepis* sp. podría asegurar un prendimiento definitivo mediante esta simbiosis. También se recomienda realizar investigaciones relacionadas al estiércol de alpaca para poder comprender mejor su uso como materia orgánica en sustratos usados para la propagación.

Se recomienda llevar a cabo investigaciones más detalladas sobre el sustrato compuesto por estiércol vacuno y suelo agrícola. El objetivo es optimizar tanto su composición como sus propiedades con fin de mejorar el proceso de propagación de esquejes.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad-Berjon, M., Noguera-Murray, P., & Carrión-Benedito, C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. In Urrestarazu-Gavilán (Ed.), *Madrid: Mundi Prensa*.
- Acevedo-Alcalá, P., Taboada-Gaytán, O. R., & Cruz-Hernández, J. (2020). Caracterización de fertilizantes orgánicos y estiércoles para uso como componentes de sustrato. *Acta Agronomica*, 69(3), 234–240.
<https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.84508>
- Alcantara, J., Acero, G., Alcantara, J., & Sánchez, M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109–129.
- Aldunate, S., Castro, C., & Varela, V. (2008). *San Bartolo y Cobija: Testimonios de un modo de vida minero en las tierras altas y la costa de Atacama*. 97–118.
- Alejandro, E. (1997). *Efecto de dos reguladores de crecimiento en fase de enraizamiento in vitro de la piña (Ananas comosus L.) Var. "Cayena Lisa."* Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Alvarez, T. (2017). *Efecto del ácidohúmico y micorriza en el crecimiento de plántulas de café (coffea arabica L) a nivel de vivero en San Pedro La Convención - Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Aquino, Y. (2020). *Efecto de cuatro fitohormonas naturales y un sintético, en el prendimiento de estacas de dos especies de cantuta (Cantua buxifolia y Cantua tomentosa) en invernadero Ilave - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.



- Arpi, N. (2019). *Efecto de la aplicación de dos taninos vegetales en el proceso de curtición ecológica en pieles de trucha (Oncorhynchus mykiss)*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Asada, T., & Shibata, M. (2000). Recent advanced in forest tree cuttings. Combined Proceedings. *International Plant Propagators Society*, 50, 638–642.
- Aubert, S., Gout, E., Bligny, R., Marty-Mazars, D., Barrieu, F., Alabouvette, J., Marty, F., & Douce, R. (1996). Ultrastructural and Biochemical Characterization of Autophagy in Higher Plant Cells Subjected to Carbon Deprivation: Control by the Supply of Mitochondria with Respiratory Substrates. *J. Cell Biol*, 133, 1251–1263.
- Ávila, O. (2015). *Evaluación de micorrizas nativas y comerciales combinadas con lombricomposta en plantas de tomate (Solanum lycopersicum L.) en invernadero*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Balón, H. (2016). *Evaluación de Enraizadores Orgánicos en el crecimiento de la planta de Café, Variedad Robusta (Coffea canephora) en viveros en el cantón General Villamil Playas*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.
- Blakesley, D., Weston, G. D., & Elliott, M. C. (1991). Endogeneous levels of indole-3-acetic acid and abscisic acid during the rooting of *Cotinus coggygria* cuttings taken at different times of the year. *Plant Growth Regulation*, 10(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1007/BF00035126>
- Bowles, D. E. (1998). *Life History of Bittacomorpha clavipes (Fabricius) (Diptera : Ptychopteridae) in an Ozark Spring. U.S.A.* 20, 29–34.
- Bravo, R. (2012). *Conociendo a los insectos* (segunda ed). Editorial Altiplano E.I.R.L.



- Bustinza, H. (2016). *Enraizamiento de estacas de Ponciana (Delonix regia) con 2 fuentes de Auxinas en diferentes concentraciones para Otoño - Invierno, Majes 2014*. Universidad Nacional de San Agustín.
- Cabana, N. A., & Lipe, R. (2019). *Evaluación de la curtición de piel de cuy (Cavia porcellus) con extracto tánico de queñua (Polylepis incana), según la raza (Perú, Andina) y altitud (Arequipa, Puno)*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Campos, C. (2020). *Eficacia de enraizantes en la clonación de genotipos de Coffea canephora Pierre, en Manglaralto, Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Canihua Rojas, J. (2001). *Metología de la Interpretación de suelos* (01 ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Cecilia Lopez, Alejandra Domic, Cesar Mayta, Emilia García, & Silvia Gallegos. (2018). Fenología reproductiva de la queñua (*Polylepis incarum*, Rosaceae) durante un ciclo anual en la puna mesofítica de La Paz, Bolivia. *Ecología Austral*, 1(1), 301–309.
- Centeno, A., & Madrid, D. (2008). Effect of Root-promoting Products in the Propagation of Organic Olive (*Olea europaea* L . cv . Cornicabra). *World*, 43(7), 2066–2069.
- Chaperon, H. (1979). Maduration et Bouturage des Arbres Forestiers. AFOCEL. *Etudes et Rechertes*, 12, 19–31.
- Cibrián, D., Garcia, S., & Don Juan, B. (2013). Manual Identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales. In *Journal of CONAFOR* (Vol. 53, Issue 9).
- Cruz, A. (1999). *Efecto de Sustratos Orgánicos en la Reproducción Vegetativa de la Queñua (Polylepis incana)*. Universidad Mayor de San Andrés.



- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A., & Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Biociencias*, 2(2), 17–26.
- CSR. (2023). *Riego V: Interpretación de Análisis Agua de Riego*. CSR Laboratorio. <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/aguas/aguas-de-riego/riego-v-interpretacion-analisis-agua-de-riego/>
- Darronsoro, C. (2023). *Introducción a la edafología*. Universidad de Granada. <http://www.edafologia.net/introeda/tema05/ph.htm>
- Davies, F. T., Lazarte, J. E., & Joiner, J. N. (1982). Initiation and Development of Roots in Juvenile and Mature Leaf Bud Cuttings of *Ficus Pumila* L. *American Journal of Botany*, 69(5), 804–811. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1982.tb13322.x>
- Dirección Regional Agraria Puno. (2019). *INFORMACIÓN ESTADÍSTICA - POBLACIÓN PECUARIA 2019*. Agropuno. <https://www.agropuno.gob.pe/informacion-estadistica/pecuario/>
- Dominguez, G. (2020). *Efecto de los sustratos en la propagación vegetativa por esquejes del quenual (Polylepis incana) en condiciones de vivero en la localidad de Huacrachuco-Marañon-2018*. Universidad Nacional Hermillio Valdizan - Huanuco.
- Dominguez, Y. (2017). *Efecto de dos abonos orgánicos y microorganismos eficaces activado (EMa) en la propagación de la fresa (Fragaria vesca.) a nivel de invernadero en la ciudad de Huaraz a 3150 msnm*. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo.”
- Dominguez, Y. D. D. (2015). *Efecto del ácido indolbutírico en el enraizamiento de estacas semileñosas de Pourouma cecropiifolia M. (Uvilla) utilizando propagadores*



- de nebulización en Yaninacocha-Perú*. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia.
- Edwards, L., & Thomas, M. (1980). Observation on physical barriers to root formation in cutting. *The Plant Propagator*, 26, 6–8.
- Espejo, 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 triacotandra) a nivel vivero, en el municipio de El Alto*. Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia.
- Esquivel, R., Quispe, J., & Hernández, L. (2021). Experiencias sobre la propagación de los hongos micorrizógenos arbusculares en Latinoamérica. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 99–110.
- Fachinello, J. C., Hoffmann, A., & Nachtigal, J. C. (2005). *Propagação de Plantas Frutíferas*. EMBRAPA.
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2002). LOS FERTILIZANTES Y SU USO. In *Asociación Internacional de la Industria de los fertilizantes* (Vol. 5). <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.1993.tb03018.x>
- Fernández, E., Gyenge, J., & Reque, J. (2008). BRINZAL: Una herramienta informática para la enseñanza integrada de conceptos de ecofisiología de especies leñosas y gestión forestal. *Interciencia*, 33(12), 897–902.
- Fjeldså, J., & Kessler, M. (1996). *Conserving the Biological Diversity of Polylepis Woodlands of the Highland of Peru and Bolivia: A Contribution to Sustainable Natural Resource Management in the Andes*. NORDECO.



- Flores, E. (1999). *La planta: estructura y función* (Editorial del LUR, Ed.; Vol. 2).
- Frank, B. (1885). Über die auf Wurzeisymbiosen beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Ber Deutsch Bot*, 3, 128–145.
- Gàrate-Díaz, M. H. (2010). *Técnicas de propagación por estacas*. Universidad Nacional de Ucayali.
- Gomez, H. (2021). *Efecto de tipos de estacas y dosis de auxinas en invernadero de la UNA-Puno*.
- Gros, A. (1971). *ABONOS Guía práctica de la fertilización*. Ediciones Mundi - Prensa.
- Gutiérrez, B. (1995). Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. *Ciencia & Investigación Forestal*, 9(2), 261–277. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1995.228>
- Hartman, H., & Kester, D. (1997). *Propagación de plantas* (Segunda).
- Hartmann, H. T., Kester, F. T., Davies, & Geneve, R. L. (2002). *Plant propagation. Principles and practices*. Prentice Hall.
- Hedberg II, R. (2013). *Reassembling the landscape: a holistic study of polylepis forest cover change in colina, tunari national park, bolivia*. August.
- Hernández, L., Guerra, V., Santiago, G., & Cuatlal, P. (2011). Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2, 87–96.
- Honrubia, M. (2009). Las micorrizas: Una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales Del Jardin Botanico de Madrid*, 66(SUPPL. 1), 133–144. <https://doi.org/10.3989/ajbm.2226>



- Hoyos, R. (2004). *Determinación de sustratos y efecto de cuatro niveles de ácido naftalenacetico (ANA) sobre el enraizamiento de esquejes (Polylepis tarapacana) queñua*. Universidad Técnica de Oruro.
- Huamán, A. (2012). Cultivo IN VITRO de *Polylepis incana* HBK. In *Universidad Nacional del Centro del Perú*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Huarhua, T. (2017). *Propagación vegetativa de esquejes de Queñua (Polylepis incana) con la aplicación de dos enraizadores y tres tipos de sustratos en condiciones de vivero Cuajone, Torata-Moquegua*. Universidad José Carlos Mariátegui.
- Intagri. (2017). *Los Sustratos Para la Horticultura : El manejo del pH*.
- Ipizia. (2011). *Consideraciones generales para la propagación de especies forestales Perú*.
- Jiménez, L., Lareal, M., & Noguera, N. (2004). Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 21(4), 311–321.
- Jiménez Ortiz, M. M., Gómez Álvarez, R., Oliva Hernández, J., Granados Zurita, L., Pat Fernández, J. M., & Aranda Ibañez, E. M. (2019). Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia*, 11(23), 165–197. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>
- Kahl, M., R, D. C., Metzler, M., & D, G. J. M. F. (2017). *Uso del estiércol de la producción animal y diseminación de semillas de malezas resistentes en Crespo , Entre Ríos*.



- Kessler, M. (2006). Bosques de *Polylepis*. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, January 2006, 110–120.
- Lagunas, H., & Maria, F. (2011). *Queñoa árbol de las Alturas* (1st ed.).
- Leví, Y. (1987). *Propagación de estacas de tornillo (Cedrelinga cateniformis Ducke) con aplicación de estimulantes del enraizamiento bajo condiciones de Tingo María*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Lizana Rojas, S. (2019). *Enraizamiento de estacas de queñual (Polylepis spp.) de diferentes procedencias y concentraciones hormonales de AIB en cámara de sub-irrigación, Huancayo*.
- Lopez, Y. (2018). *Efecto de la micorrización en el crecimiento de Dalbergia congestiflora Pittier en dos sistemas de propagación*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Mexico.
- Lörz, H., Larkin, P. J., Thomson, J., & Scowcroft, W. R. (1983). Improved protoplast culture and agarose media. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2(3), 217–226. <https://doi.org/10.1007/BF00033560>
- Mamani, L. (2016). *Efecto de diferentes sustratos en el enraizamiento de esquejes de Queñua (Polylepis besseri Hieron), bajo ambiente protegido en Cota Cota (La Paz)*. Universidad Mayor de San Andres - Bolivia.
- Marcañaupa, E. (2014). *Efecto de tres tipos de abonos orgánicos (humus de lombriz, estiercol de ovino y estiercol de vacuno) en la producción de plantones de durazno en Ocopa-Lircay-Huancavelica*. 87.
- Martín, A. (2021a). Interpretación de análisis de suelo. *HEROGRA FERTILIZANTES*.



- Martín, A. (2021b). *¿Cómo interpretar un análisis de agua de riego? HEROGRA FERTILIZANTES*. <https://herografertilizantes.com/como-interpretar-un-analisis-de-agua-de-riego/>
- Martínez, L. (2005). El estiercol y las practicas agrarias respetuosas con el ambiente. In *Hojas divulgadoras*.
- Matamoros Quesada, A., Mesén Sequeira, F., & Jiménez-Alvarado, L. D. (2020). Efecto de fitohormonas y fertilizantes sobre el enraizamiento y crecimiento de mini-estaquillas de híbridos F1 de café (*Coffea arabica*). *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 58–75. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.4>
- Mendoza, W. (2005). Especie nueva de *Polylepis* (Rosaceae) de la cordillera Vilcabamba (Cusco, Perú). *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 103–106. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i1.2364>
- Mendoza, W., & Cano, A. (2011). Diversidad del género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 197–200. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i2.228>
- Mendoza, W., & Cano, A. (2012). *El Género Polylepis en el Perú*.
- Mesén, F. (1998). *Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales*.
- Millones, E., & Vásquez, E. (2020). Regeneración y enraizamiento de brotes adventicios etiolados de cultivares de zarzamora (*Rubus* sp). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(4), 338–342. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.195>



- Munné-Bosch, S., & Alegre, L. (2004). Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Funct Plant Biol*, 31(3), 203–2016. <https://doi.org/10.1071/FP03236>.
- Muñoz, H. J., Orozaco, G., García, J., Coria, V. M., Salgado, R., & Santiago, M. del C. (2011). Epocas de colecta y tratamientos para enraizamiento de estacas de cirimo *Tilia mexicana* Schldl. (Tiliaceae). *Rev.Cien.For.Mex.*, 2(3), 13–23.
- Oropeza, Y. (2016). *Propagación Vegetativa de Queñua (Polylepis besseri hieron) utilizando fitohormona enraizador en diferentes dosis en el Invernadero de la ciudad Universitaria de Shancayán - Huaraz - Ancash*. Universidad Nacional “Santiago Antunez de Mayolo.”
- Osuna, H. R., Osuna, A. M., & Fierro, A. F. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores* (1° ed). UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-XOCHIMILCO - Mexico.
- Owen, W. G., & Lopez, R. G. (2019). Comparison of sole-source and supplemental lighting on callus formation and initial rhizogenesis of gaura and salvia cuttings. *HortScience*, 54(4), 684–691. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13481-18>
- Paredes, E. (2011). *Enraizado de estacas de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) en seis tipos de sustrato con aplicación de ácido indolbutirico*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Perez, Y., Galindo, I., & Arvelo, F. (2007). La muerte celular programada en las plantas: ¿Es semejante a la “apoptosis” en animales? *Interciencia*, 33(12), 812–819.
- Pretell, J., Ocaña, D., Jon Llap, R., & Barahona, E. (1985). Apuntes sobre algunas especies forestalesnativas de la sierra peruana. In *FAO*.



- Quiroga, G. H. M., Cueto, W. J. A., & Figueroa, V. U. (2011). Efecto Del Estiércol Y Fertilizante Sobre La Recuperación De 15 N Y Conductividad Eléctrica. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 201–209.
- Quiroz, L. (2021). Análisis De Efectividad De Los Diferentes Tipos De Enraizantes Naturales Para La Agricultura. In *Repositorio DSPACE*.
- 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.
- Rengifo, L. (2011). *Efecto de sustratos con micorrizas vesículo arbusculares en el crecimiento inicial de cuatro especies forestales en fase de vivero, Tarapoto*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Rueda, A., Murillo, W., & Hurtado, J. J. (2014). Suicidio celular: un mecanismo fundamental en la vida de las plantas. *Hipótesis. Universidad de Los Andes*, 16, 26–31.
- Salazar, H., Cuyckens, G., & Guzmán, G. (2020). *REPRODUCCIÓN SEXUAL Y AGÁMICA DE QUEÑOA (Polylepis tomentella) IN SITU Y EX SITU*. December, 23–32.
- Salazar Sosa, E., Trejo Escareño, H. I., López Martínez, J. D., Vázquez Vázquez, C., Serrato Corona, J. S., Orona Castillo, I., & Flores Márgez, J. P. (2010). Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 381–390.



- Saperas, J. (1992). Moscas : el problema de cada verano. *Real Escuela de Avicultura. Selecciones Avícolas.*
- Sarmiento, G. (1986). Las principales gradientes ecoclimáticas en los Andes Tropicales. *Anales Del IV Congreso Latinoamericano de Botánica. Medellín, Colombia., 47–64.*
- Sepúlveda, S. (2004). *Efecto de diferentes dosis de AIB y fecha de recolección sobre la propagación de estacas semileñosas basales y apicales de olivo (Olea europea L.) de la variedad empeltre.* Universidad Católica de Temuco. Chile.
- Sisaro, D., & Hagiwara, J. C. (2016). *Propagación vegetativa por medio de estacas de tallo.*
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32990A9742243.](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32990A9742243)
en
- Smith, N. G., & Wareing, P. F. (1972). The Rooting of Actively Growing and Dormant Leafy Cuttings in Relation To Endogenous Hormone Levels and Photoperiod. *New Phytologist*, 71(3), 483–500. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1972.tb01949.x>
- Soriano, M. (2018). Conductividad eléctrica del suelo. *Universidad Politécnica de Valencia, 1*, 1–10.
- Soto, L. (2013). *Propagacion vegetativa de esquejes de Queñual (Polylepis sp) bajo diferentes dosis del enraizador Root-Hoor en el distrito de Carampoma - Huarochiri - Lima.* Universidad Nacional de Huancavelica.
- Soto, M. (1995). Proyecto Desarrollo Forestal Campesino en los Andes del Ecuador. *Editorial Graficas Iberia, 7–22.*



- Stanier, R., Ingraham, J., Wheelis, M., & Painter, P. (1984). *Microbiología 4ta edición* (Reverté S.).
- Torres, A. P., Camberato, D., Lopez, R. G., Mickelbart, M., Web De Floricultura, P., Whipker, B. E., Cavins, T. J., & Fonteno, W. C. (2001). *HO-237-SW Medición de pH y Conductividad Eléctrica en Sustratos Purdue extension macronutrientes micronutrientes*. www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/
- Trione S., & Avellaneda, M. (1970). ENRAIZAMIENTO EN ÁLAMO. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 1–27.
- UNLP. (2016). *Propagación de Especies vegetales*. (pp. 1–11). Universidad Nacional de la Plata.
- Urbina-Vallejo, V. (2005). Propagación de los frutales. In *Monografías de fruticultura* (Vol. 7).
- Vega, C. K., Gabriela Villegas, C., Rocabado, P. A., Quezada, J. A. N., López, M. Y., & Quevedo, A. W. (2018). Reproductive biology of three *Polylepis* species (*P. neglecta*, *P. incarum* and *P. pacensis*), with emphasis on their germinative behavior. *Ecologia Austral*, 28(1), 310–324. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.1.703>
- Vincenty, K. (2019). *Inducción a callogénesis para la micropropagación de phalaenopsis (orchidaceae)*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Wander, M. M., Traina, S. J., Stinner, B. R., & Peters, S. E. (1994). Organic and Conventional Management Effects on Biologically Active Soil Organic Matter Pools. *Soil Science Society of America Journal*, 58(4), 1130–1139. <https://doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800040018x>



- Weaver, R. (1976). *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura* (Trillas, Ed.; primera ed).
- Wiesman, Z., & Lavee, S. (1995). Enhancement of IBA stimulatory effect on rooting of olive cultivar stem cuttings. *Scientia Horticulturae*, 62(3), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00772-L](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00772-L)
- Yallico, E. (1992). *Distribucion de Polylepis en el sur de Puno Proyecto Arbolandino* (1° ed.). <https://doi.org/http://infobosques.com/descargas/biblioteca/442.pdf>
- Yana, 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.
- Yance, R. E. (2015). *Influencia del bosque de Polylepis incana sobre la vegetación arbustiva y herbácea en Anchqhuasi - Ayacucho*. 86.
- Zanabria, Y., & Cuellar, J. (2014). Tecnologías de producción en viveros de cuatro especies forestales en el valle del mantaro. In *Instituto Nacional De Innovación Agraria*.



ANEXOS

Anexo 1. Datos de esquejes con prendimiento a los 30, 60 y 90 días evaluación.

Tratamiento	Repetición	Esquejes vivos 30		
		días	Esquejes vivos 60 días	Esquejes vivos 90 días
T1	R1	11	6	2
	R2	13	7	2
	R3	12	5	3
Promedio		36.00	18.00	7.00
T2	R1	7	4	0
	R2	9	4	0
	R3	10	4	1
Promedio		26.00	12.00	1.00
T3	R1	3	2	0
	R2	3	2	0
	R3	7	3	0
Promedio		13.00	7.00	0.00
T4	R1	12	8	6
	R2	14	10	7
	R3	13	9	6
Promedio		39.00	27.00	19.00
T5	R1	5	3	0
	R2	9	4	0
	R3	8	3	1
Promedio		22.00	10.00	1.00
T6	R1	5	3	0
	R2	4	0	0
	R3	7	0	0
Promedio		16.00	3.00	0.00



	R1	12	8	6
T7	R2	9	6	5
	R3	8	6	3
Promedio		29.00	20.00	14.00

Anexo 2. Datos obtenidos de la longitud de brotes a los 30 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	1.20	0.90	1.70	1.27
T2	1.10	0.77	1.23	1.03
T3	2.60	1.25	1.47	1.77
T4	1.13	2.23	2.07	1.81
T5	1.80	1.65	2.20	1.88
T6	1.17	1.25	1.03	1.15
T7	2.72	1.30	2.67	2.23

Anexo 3. Datos obtenidos de la longitud de brotes a los 60 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	2.64	1.34	2.67	2.22
T2	1.14	1.17	1.22	1.18
T3	0.27	0.22	0.25	0.25
T4	2.71	2.45	2.81	2.66
T5	0.15	0.65	0.30	0.37
T6	0.82	0.84	0.94	0.87
T7	2.40	1.91	1.78	2.03



Anexo 4. Datos obtenidos de la longitud de brotes a los 90 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	1.31	1.24	1.23	1.26
T2	0.00	0.00	0.00	0.00
T3	0.00	0.00	0.00	0.00
T4	4.57	3.41	4.45	4.15
T5	0.00	0.00	0.00	0.00
T6	0.00	0.00	0.00	0.00
T7	2.08	2.85	2.48	2.47

Anexo 5. Datos obtenidos del número de hojas a los 30 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	1.33	1.67	2.67	1.89
T2	1.67	1.50	1.33	1.50
T3	1.33	1.33	1.33	1.33
T4	2.67	1.00	1.00	1.56
T5	1.67	1.33	1.33	1.44
T6	1.33	2.00	1.00	1.44
T7	1.33	1.33	2.00	1.56



Anexo 6. Datos obtenidos del número de hojas a los 60 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	3.00	3.33	5.00	3.78
T2	1.33	1.25	1.25	1.28
T3	1.00	1.00	1.00	1.00
T4	6.00	5.00	4.67	5.22
T5	1.00	1.33	1.33	1.22
T6	1.00	1.00	1.33	1.11
T7	3.33	3.60	4.25	3.73

Anexo 7. Datos obtenidos del número de hojas a los 90 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	3.25	2.33	3.00	2.86
T2	0.00	0.00	0.00	0.00
T3	0.00	0.00	0.00	0.00
T4	8.00	10.00	7.50	8.50
T5	0.00	0.00	0.00	0.00
T6	0.00	0.00	0.00	0.00
T7	3.33	5.33	4.00	4.22

Anexo 8. Datos obtenidos del diámetro de callo a los 60 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	0.97	0.88	0.91	0.92
T2	0.85	0.53	0.84	0.74
T3	0.22	0.27	0.19	0.23
T4	1.05	1.83	1.68	1.52
T5	0.47	0.54	0.59	0.53
T6	0.42	0.46	0.47	0.45
T7	1.00	0.79	1.24	1.01



Anexo 9. Datos obtenidos del diámetro de callo a los 90 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	0.84	1.01	0.92	0.92
T2	0.22	0.28	0.29	0.26
T3	0.00	0.00	0.00	0.00
T4	2.01	2.12	2.01	2.05
T5	0.19	0.28	0.21	0.23
T6	0.00	0.00	0.00	0.00
T7	1.91	1.74	1.60	1.75

Anexo 10. Datos obtenidos de altura de callo a los 60 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	1.23	1.51	1.28	1.34
T2	0.54	0.53	0.51	0.53
T3	0.22	0.31	0.29	0.27
T4	1.05	1.08	1.65	1.26
T5	0.64	0.76	0.64	0.68
T6	0.29	0.33	0.35	0.32
T7	1.13	1.07	1.34	1.18



Anexo 11. Datos obtenidos de altura de callo a los 90 días de evaluación.

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedios
T1	0.82	1.01	0.87	0.90
T2	0.23	0.15	0.14	0.17
T3	0.00	0.00	0.00	0.00
T4	2.14	2.70	1.66	2.16
T5	0.23	0.33	0.21	0.26
T6	0.00	0.00	0.00	0.00
T7	1.59	1.74	1.60	1.64

Anexo 12. Prueba de Tukey para longitud de brote a los 30 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	Longitud de brote(mm)	Sig. ≤ 0.05
1	Suelo agrícola + estiércol de vacuno + Micorrizas (Raíz forte) 4.5g	2.23	a
2	Suelo agrícola + estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz forte) 1.5g	1.88	a
3	Suelo agrícola + estiércol de vacuno	1.81	a
4	Suelo agrícola + estiércol de vacuno	1.77	a
5	Suelo agrícola	1.27	a
6	Suelo agrícola + estiércol de alpaca + + Micorrizas (Raíz forte) 3g	1.15	a
7	Suelo agrícola + estiércol de ovino	1.03	a



Anexo 13. Prueba de Tukey para número de hojas a los 30 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	Longitud	Sig.
1	T1: Suelo agrícola + Estiércol vacuno	1.89	a
2	T4: Suelo Agrícola + Estiércol vacuno	1.56	a
3	T7: Suelo agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	1.55	a
4	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz forte) 3g	1.50	a
5	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz forte) 3g	1.44	a
6	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz forte) 1.5gr	1.44	a
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	1.33	a

Anexo 14. Prueba de Tukey para número de hojas a los 30 días de evaluación.

Orden de merito	Tratamiento	Número de hojas	Sig.
1	T1: Suelo Agrícola	1.89	a
2	T4: Suelo agrícola + Estiércol vacuno	1.56	a
3	T7: Suelo agrícola + Estiércol de vacuno + Micorrizas 4.5 g	1.55	a
4	T2: Suelo agrícola + Estiércol de ovino	1.5	a
5	T6: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca + Micorrizas (Raíz forte) 3g	1.44	a
6	T5: Suelo agrícola + Estiércol de ovino + Micorrizas (Raíz forte) 1.5g	1.44	a
7	T3: Suelo agrícola + Estiércol de alpaca	1.33	a



Anexo 15. Análisis de fertilidad de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

PROCEDENCIA : CIUDAD UNIVERSITARIA
INTERESADO : YIMI BREYMER RAMOS ROSEL
MOTIVO : Análisis Fertilidad de suelos
MUESTREO : 08/08/2022 (por el interesado)
ANÁLISIS : 09/08/2022
LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA PUNO

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	M - SUELO	78	10	12	Franco Arcillo arenoso	0.00	3.19	0.19

# ORD	pH	C.E. mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
			P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	7.22	1.23	19.80	190	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

FArA = Franco arcillo arenoso
Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC= Capacidad Intercambio Cationico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiabile
A= Arena
Ca²⁺= Calcio cambiabile
Na⁺= Sodio cambiabile
CO₃⁼ = Carbonatos
me = miliequivalente.

FAr = Franco arcilloso
M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
mS/cm = milisiemens por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiabile



Zec. Benito Sánchez Callaozapán
ANALISTA
ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE SALUD DE LAS AGUAS
PUERTAS, GEOLOGÍA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES



D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



Anexo 16. Análisis de las características físicas y químicas de los sustratos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

PROCEDENCIA : INVERNADERO EPIA - PUNO
INTERESADO : YIMI BREYMER RAMOS ROSEL
MOTIVO : ANÁLISIS DE FERTILIDAD
MUESTREO : 09/05/2023 (por el interesado)
ANÁLISIS : 09/05/2023.
LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	SUSTRATO DE OVINO T ₂	70	25	5	Franco arcillo arenoso	0.02	6.20	0.31
02	SUSTRATO DE ALPACA T ₃	69	26	5	Franco arcillo arenoso	0.04	5.40	0.27
03	SUSTRATO DE VACUNO T ₄	67	25	8	Franco arcillo arenoso	0.09	5.08	0.25

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	6.12	2.53	12.65	22.10	270	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC
02	6.08	2.47	12.35	20.02	260	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC
03	6.31	0.99	4.95	19.06	250	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

FArA = Franco arcillo arenoso
Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC= Capacidad Intercambio Cationico
NT = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiante
A= Arena
Ca²⁺= Calcio cambiante
Na⁺= Sodio cambiante
CO₃⁼ = Carbonatos
me = miliequivalente.

FAr = Franco arcilloso
M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiante
mS/cm = milisiemens por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiante
NC= no corresponde

Evaristo Mamani Mamani
ANALISTA
ANALISTA DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
PLANTAS, PRODUCTOS DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO
DE AGUAS Y SUELOS



Anexo 17. Análisis físico - químico de agua usada para riego



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

PROCEDENCIA : CIUDAD UNIVERSITARIA
INTERESADO : YIMI BREYMER RAMOS ROSEL
MOTIVO : ANALISIS FISICO-QUIMICO.
FECHA DE MUESTREO : 08/08/2022
FECHA DE ANALISIS : 08/08/2022

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Líquido
Color : Incoloro
Olor : Inodoro
Sabor : Insípido

MUESTRA 01:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

pH		6.66
C.E	mS/cm	0.94
Temperatura (°C)	°C	15.00

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO ₃)	mg/l	687.80
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	159.26
Cloruros (como Cl)	mg/l	87.94
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	mg/l	89.00
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/l	0.01
Calcio (como Ca ⁺⁺)	mg/l	155.04
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	mg/l	72.44
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.47
Sodio (Na)	mg/l	3.00
Potasio (K)	mg/l	2.00

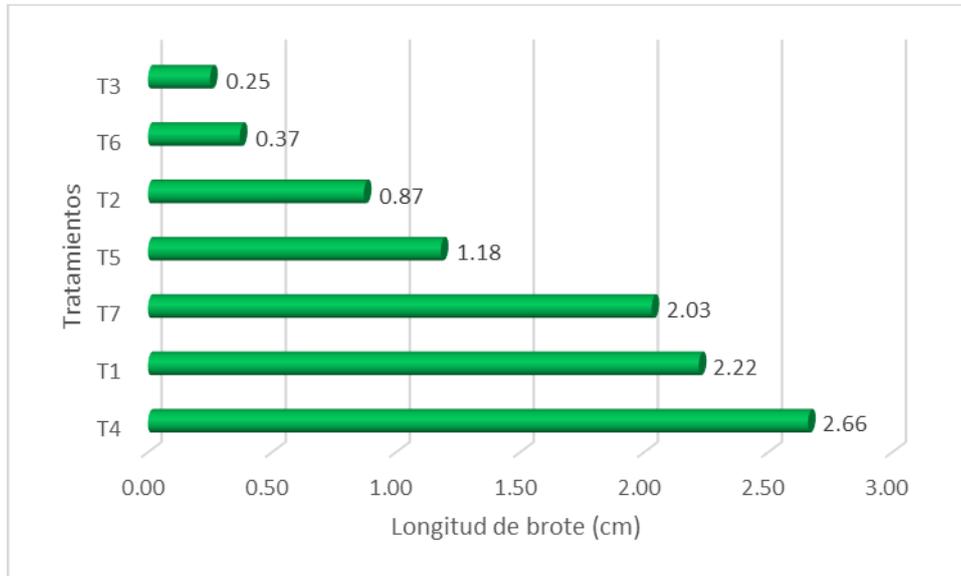


 Prc. Benito Peralta de Calluapaza
 ANALISTA
 PLANTAS, SUELOS Y FERTILIZANTES



D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS

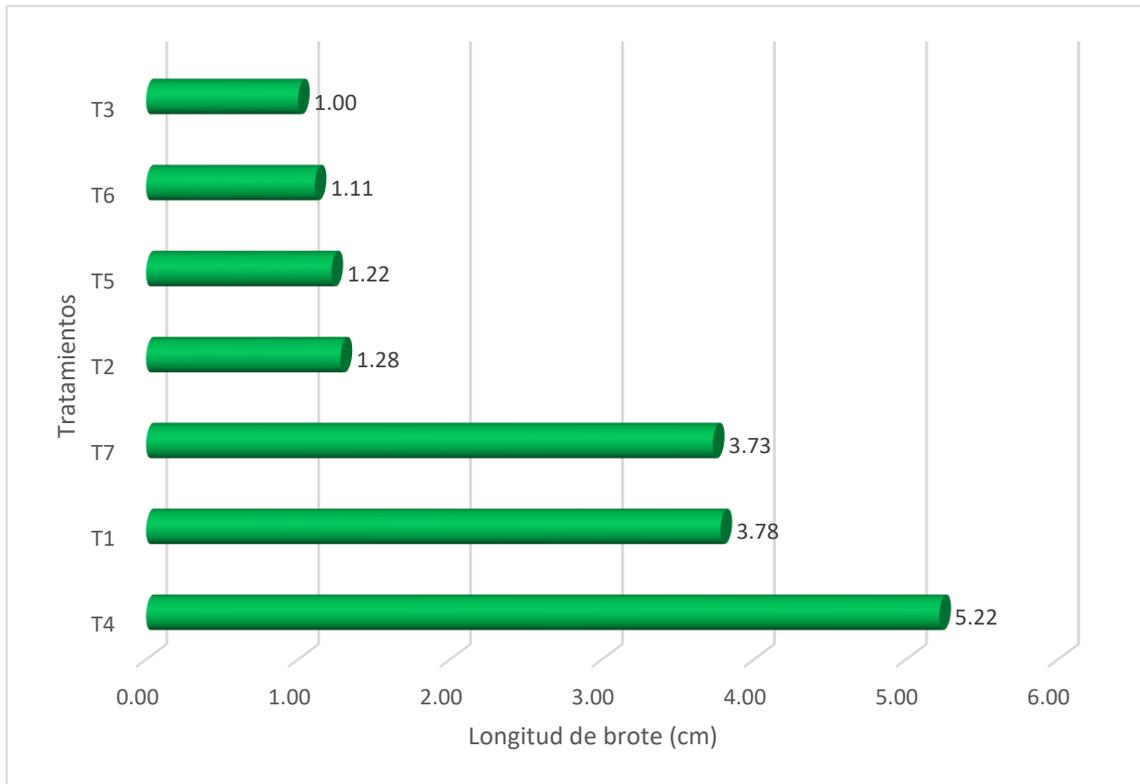
Anexo 18. Longitud de brote a los 60 días de evaluación.



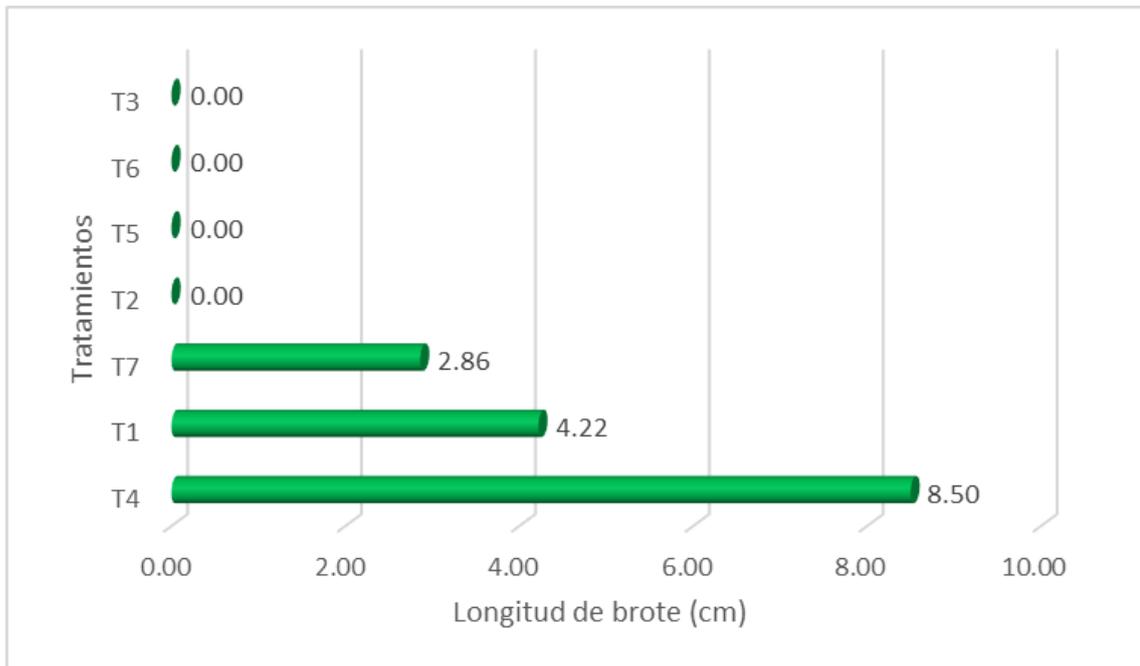
Anexo 19. Longitud de brote a los 90 días de evaluación.



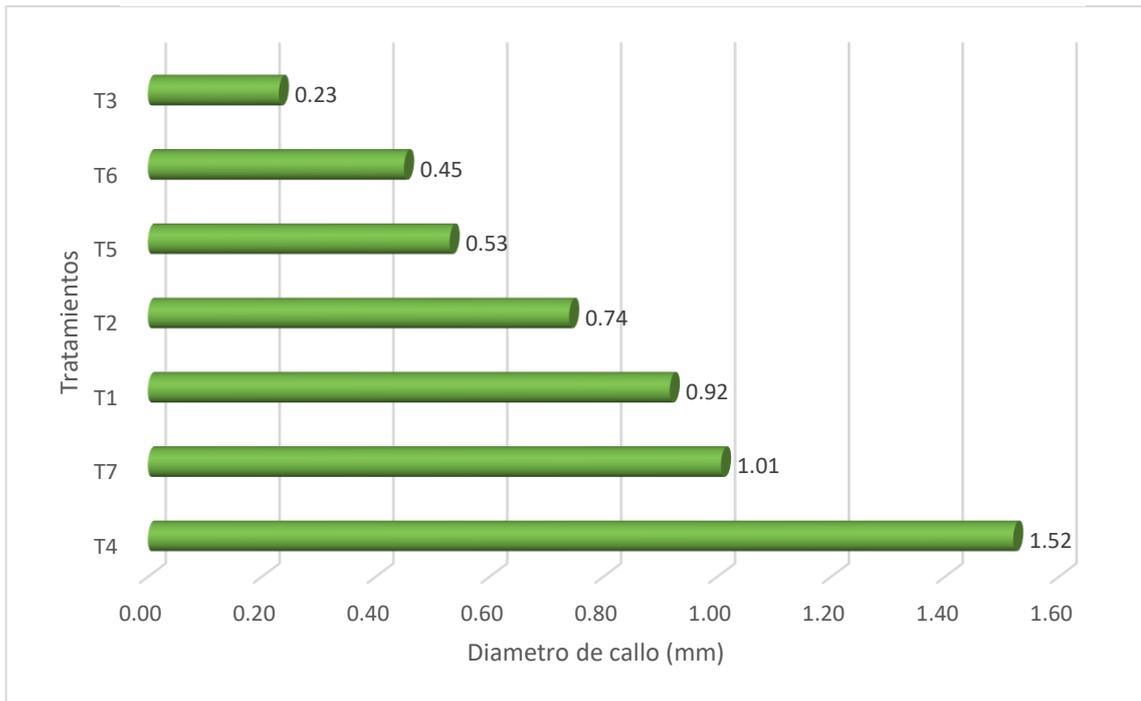
Anexo 20. Número de hojas a los 60 días de evaluación.



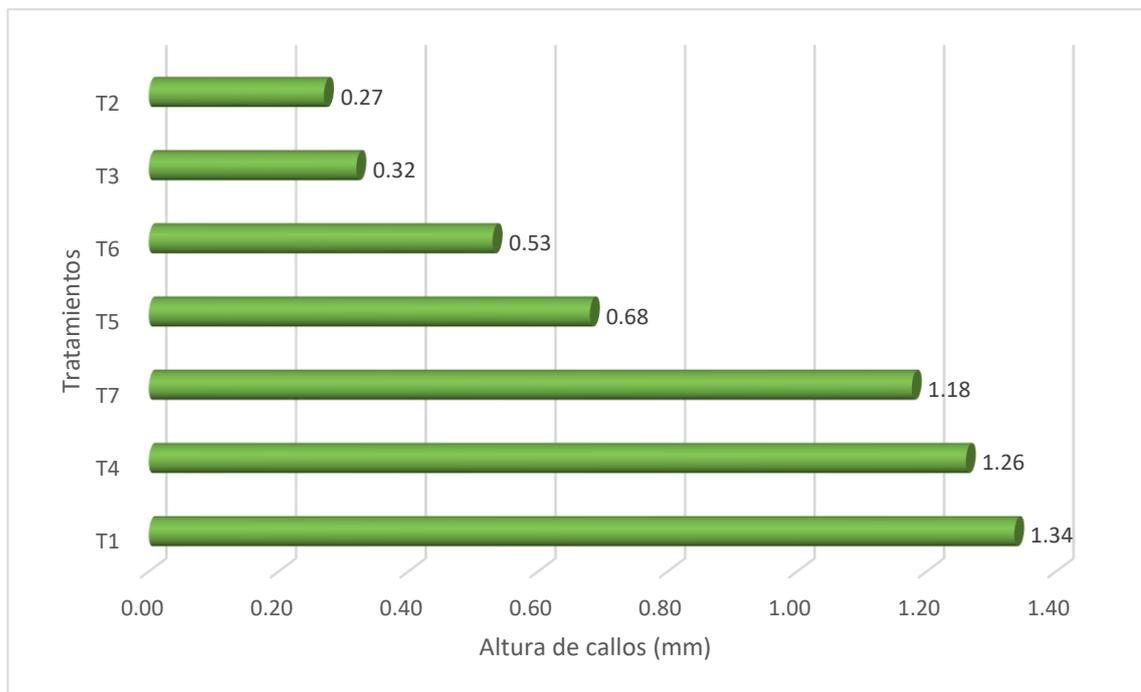
Anexo 21. Número de hojas a los 90 días de evaluación.



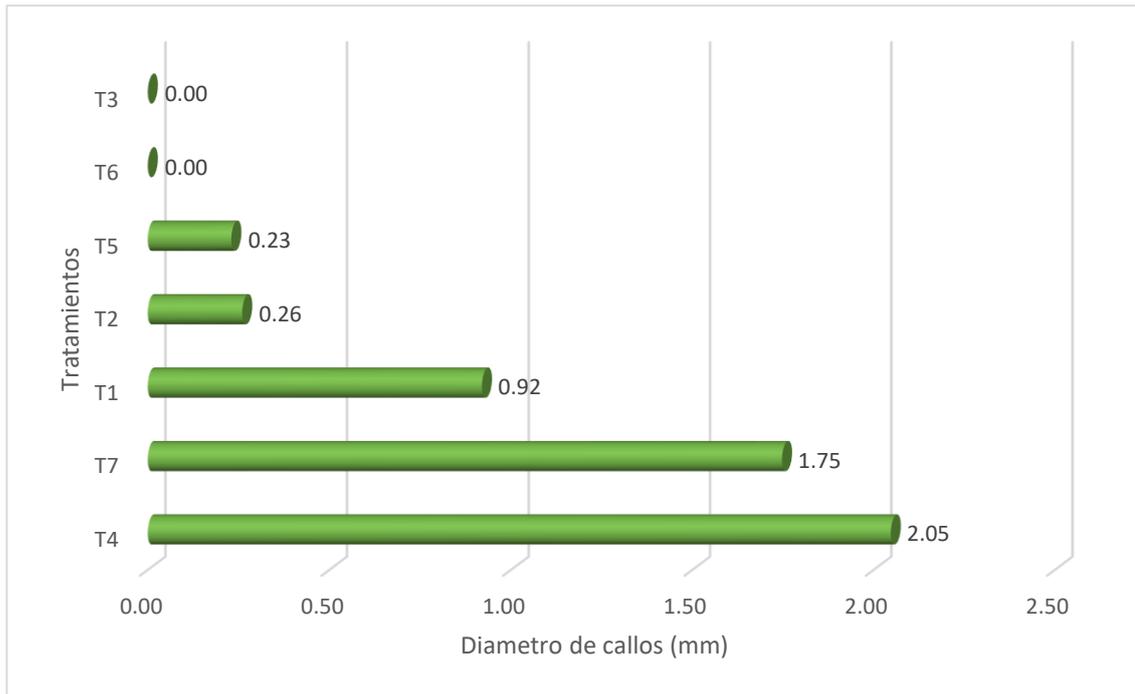
Anexo 22. Diámetro de callo a los 60 días de evaluación.



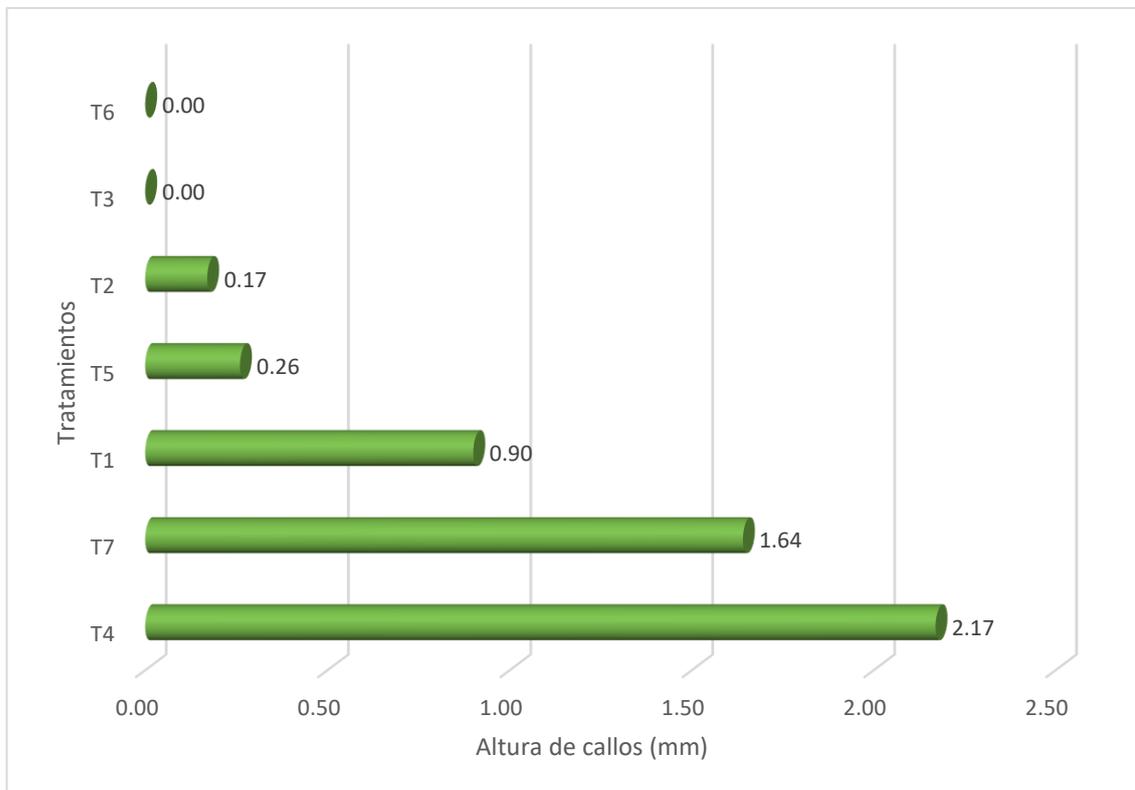
Anexo 23. Altura de callo a los 60 días de evaluación.



Anexo 24. Diámetro de callo a los 90 días de evaluación.



Anexo 25. Altura de callo a los 90 días de evaluación.



Anexo 26. Proceso del mezclado del suelo agrícola con el estiércol ovino



Anexo 27. Proceso del mezclado del suelo agrícola con el estiércol de alpaca



Anexo 28. Bolsas llenas de sustrato de suelo agrícola con estiércol vacuno listas para la plantación.



Anexo 29. Esquejes plantados en las bolsas de sustrato



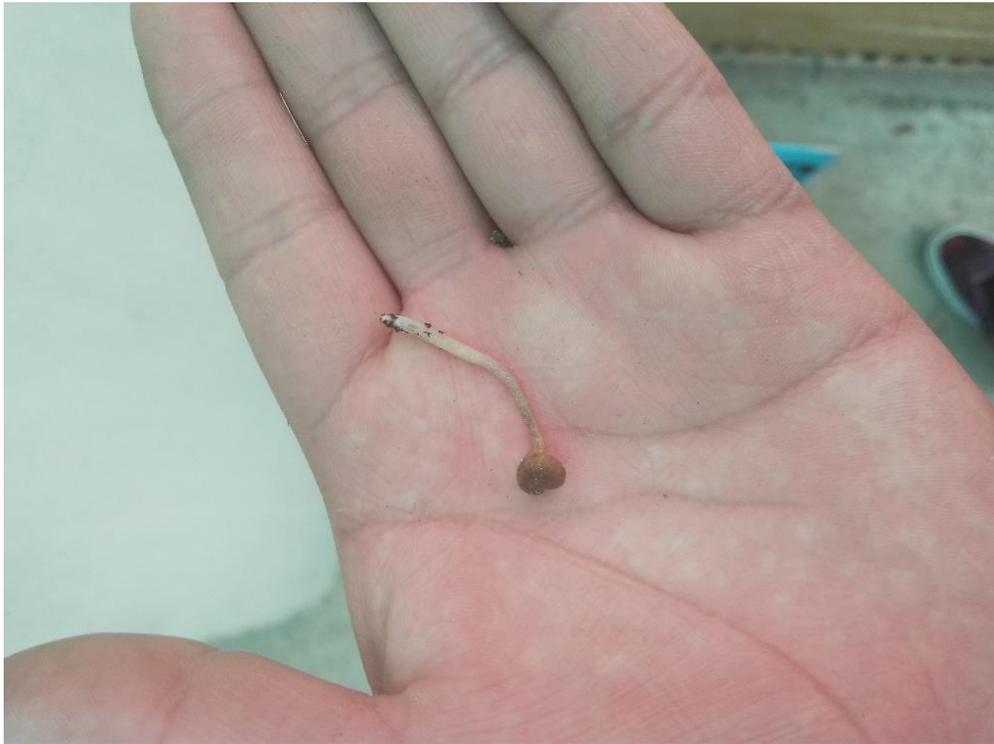
Anexo 30. Presencia de larvas de *Bitacomorpha clavipes*,



Anexo 31. Adultos de la especie *Bitacomorpha clavipes* observados en estereoscopio



Anexo 32. Seta del hongo micorrícico encontrado en las bolsas de repique



Anexo 33. Medición de longitud de brote.



Anexo 34. Medición de diámetro de callo



Anexo 35. Medición de altura de callo



Anexo 36. Callos con indicios de enraizamiento



Anexo 37. Presencia de callos



Anexo 38. Formación de primeras hojas



Anexo 39. Formación de hojas e incremento en la longitud brote



Anexo 40. Cálculo de dosis de hongos micorrícicos para el tratamiento 6



Anexo 41. Cálculo de dosis de hongos micorrícicos para el tratamiento 7



Anexo 42. Presencia de setas de hongos en las bolsas del tratamiento 7



Anexo 43. Evaluaciones realizadas a los 30 días



Anexo 44. Desinfección de los esquejes con alcohol de 70°





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Yimi Breymer Ramos Rosal,
identificado con DNI 72695286 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agronómica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Efecto de dosis de micorrizas y sustratos orgánicos
en el enraizamiento de esquejes de quenua (Polytepis sp)
en condiciones de ambiente controlado"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 22 de enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Yimi Breymer Ramos Rosal,
identificado con DNI 72895286 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agronómica,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Efecto de dosis de micorriza y sustratos orgánicos en el
enraizamiento de esgujes de quenua (Polylepis sp) en
condiciones de ambiente controlado "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 22 de enero del 2024

Yimi Breymer Ramos Rosal

FIRMA (obligatoria)



Huella