



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



**DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON ZnO-NP Y NIVELES DE
LUMINOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DE *Pinus radiata* Y
*Polylepis incana***

TESIS

PRESENTADA POR:

FELIX EDUARDO APAZA CRUZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON Zn
O-NP Y NIVELES DE LUMINOSIDAD EN E
L COMPORTAMIENTO DE *Pinus radiata*
Y *Polylepis incana*

AUTOR

FELIX EDUARDO APAZA CRUZ

RECuento DE PALABRAS

20746 Words

RECuento DE CARACTERES

101457 Characters

RECuento DE PÁGINAS

130 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 19, 2024 5:40 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 19, 2024 5:41 PM GMT-5

● 12% de similitud general

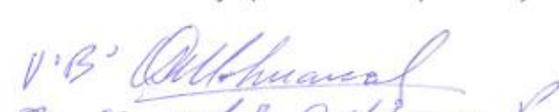
El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 3% 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 11 palabras)


Ing. Juan Larico Vera M.Sc.
PROFESOR PRINCIPAL F.C.A. - UNA

V.B. 
Dr. Manuel A. Cullichuma P
Cod. 82081
Directo. presidencia Ecovest., E.P.A



DEDICATORIA

*Agradezco principalmente a Dios por
haberme dado la vida y permitirme
llegar hasta este momento tan
importante de mi vida, de mi profesión
brindándome paz y siempre guiar mis
pasos.*

*Con mucho amor para mi familia, mis
padres Julia Cruz Limachi, Epifanio
Eduardo Apaza Larico y a mi hermana
Reyna Isabel Apaza Cruz por brindarme
su apoyo incondicional e impulsarme
siempre a tener más retos y objetivos en
esta vida.*

*A mi esposa, Yuliana Dueñas Cjuno, por
estar a mi lado en cada momento, por
confiar en mí, brindándome su apoyo en
todo este proceso de lograr mis objetivos.*

*A mis abuelos, quienes desde el cielo
orientan mi rumbo; aunque no estén
físicamente presentes los llevo en mi corazón
y siempre me cuidan.*

Felix Eduardo



AGRADECIMIENTOS

A Dios por otorgarme la paciencia, la determinación y el coraje necesarios para completar esta etapa tan importante en mi vida. Reconozco que graduarse no es algo que sucede todos los días, y estoy agradecido por esta hermosa oportunidad.

Agradecimiento a **PROCIENCIA CONCYTEC**, por el financiamiento de la investigación de la tesis, dentro del esquema financiero **E041-2022-04**, denominado “Proyectos de Desarrollo Tecnológico” a través del contrato **PE501078977-2022**, en la modalidad de subvención para tesista de pregrado (apoyo financiero), obtenida a través de mi Co – asesor Dr. José Luis Soto Gonzales y Dra. María Verónica Carranza Oropeza, Investigadores RENACYT de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

A mi director de tesis M. Sc. Juan Larico Vera, por brindarme su amistad y por confiar plenamente en mí para llevar a cabo este proyecto de investigación.

A Dr. José Luis Soto Gonzales, por ofrecerme su amistad, compartir sus conocimientos y orientarme en este trabajo de investigación.

A mis apreciados jurados: M. Sc. Daniel Canaza Mamani, M. Sc. Sandro Sardón Nina, Dr. Mario Flores Aroni; Por su respaldo ofrecido, útiles consejos, recomendaciones y dedicación en la revisión y perfeccionamiento de este proyecto de investigación.

A mis compañeros y amigos, con quienes compartí momentos en la universidad y fui conociendo poco a poco a lo largo del tiempo, y a todas las personas que me motivaron a iniciar y completar este proyecto de investigación, les agradezco infinitamente. Siempre les estaré agradecido y los llevaré en mi corazón.

Felix Eduardo



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	21
2.2. MARCO TEÓRICO	27
2.2.1. Malla Raschel.....	27
2.2.2. Hidrogel.....	27
2.2.2.1. Hidrogel en especies forestales	29
2.2.3. Generalidades del pino	30
2.2.4. Generalidades de polylepis	32
CAPÍTULO III	



MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ZONA DE ESTUDIO	35
3.2.	CONDICIONES METEREOLÓGICAS	36
3.3.	ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE SUELO	38
3.4.	CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	39
3.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL	39
3.6.	METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.6.1.	Estructura de acero con cobertura de mallas raschel	41
3.6.2.	Preparado del sustrato	42
3.6.3.	Hidrogel a base de poliacrilato de potasio	42
3.6.4.	Caracterización de las nanopartículas de Oxido de zinc ZnO-NP	43
3.6.5.	Manejo de experimento en <i>Pinus radiata</i>	43
3.6.5.1.	Manejo de experimento con Hidrogel 10g.....	43
3.6.5.2.	Manejo de experimento con de Hidrogel 15g.....	44
3.6.6.	Manejo de experimento con <i>Polylepis incana</i>	44
3.6.6.1.	Preparación de Hidrogel 10g.....	44
3.6.6.2.	Preparación de Hidrogel 15g.....	45
3.6.7.	Manejo del tratamiento testigo.....	45
3.6.8.	Parámetros evaluados en la investigación.....	45
3.6.9.	Calidad e intensidad lumínica bajo mallas raschel	46
3.6.10.	Caracterización de las mallas raschel - color verde	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. EFECTO DE DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON ZNO-NP Y NIVELES DE LUMINOSIDAD EN COMPORTAMIENTO EN <i>Pinus radiata</i>	47
4.1.1. Efecto en altura de plantas en cm.....	47
4.1.2. Efecto en número de hojas (NH).....	49
4.1.3. Efecto en diámetro del cuello de la planta	49
4.1.4. Efecto en tamaño de raíz	51
4.1.5. Efecto en masa de materia fresca de raíz	53
4.1.6. Efecto en masa de materia seca de raíz	54
4.1.7. Efecto en masa de materia fresca de tallo	55
4.1.8. Efecto en materia seca de tallo (MMST)	56
4.1.9. Efecto en masa de materia fresca de hojas (MMFH)	57
4.1.10. Efecto en masa de materia seca de hojas (MMSH).....	58
4.2. EFECTO DE DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON ZNO-NP Y NIVELES DE LUMINOSIDAD EN COMPORTAMIENTO EN <i>Polylepis incana</i>	59
4.2.1. Efecto en altura de plantas en cm.....	59
4.2.2. Efecto en número de hojas (NH).....	61
4.2.3. Efecto en diámetro del cuello de la planta	62
4.2.4. Efecto en tamaño de raíz	63
4.2.5. Efecto en masa de materia fresca de raíz (MMFR).....	64
4.2.6. Efecto en masa de materia seca de raíz (MMSR).	65
4.2.7. Efecto en masa de materia fresca de tallo (MMST).....	66
4.2.8. Efecto en masa de materia seca de tallo (MMST)	67
4.2.9. Efecto en masa de materia fresca de hojas (MMFH)	68



4.2.10. Efecto en masa de materia seca de hojas (MMSH).....	70
V. CONCLUSIONES	72
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	78

ÁREA: Ingeniería Agronómica

TEMA: Manejo y conservación de recursos agua y suelo

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 de Julio de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Datos meteorológicos (2023 – 2024).....	37
Tabla 2 Análisis químico de suelo empleado en el experimento.....	38
Tabla 3 Caracterización del Hidrogel a base de poliacrilato potasio.....	42
Tabla 4 Características de las nanopartículas de Oxido de Zinc.....	43
Tabla 5 Análisis de variancia para altura de plantas (AP) en cm.	48
Tabla 6 Análisis de variancia para número de hojas (NH).....	49
Tabla 7 Análisis de variancia para diámetro del cuello de la planta (DCP) en cm... 51	51
Tabla 8 Análisis de variancia para tamaño de raíz en cm (TR).....	52
Tabla 9 Análisis de variancia para masa de materia fresca de raíz (MMFR) en g. ..	54
Tabla 10 Análisis de variancia para masa de materia seca de raíz (MMSR) en g.	55
Tabla 11 Análisis de variancia para masa de materia fresca de tallo (MMFT) en g. .	56
Tabla 12 Análisis de variancia para masa de materia seca de tallo (MMST) en g.	57
Tabla 13 Análisis de variancia para masa de materia fresca de hojas (MMFH) en g. 58	58
Tabla 14 Análisis de variancia para masa de materia seca de hojas (MMSH) en g. ..	59
Tabla 15 Análisis de variancia para altura de plantas (AP) en cm.	60
Tabla 16 Análisis de variancia para número de hojas (NH).....	62
Tabla 17 Análisis de variancia para diámetro del cuello de la planta (DCP) en cm... 63	63
Tabla 18 Análisis de variancia para tamaño de raíz en cm (TR).....	64
Tabla 19 Análisis de variancia para masa de materia fresca de raíz (MMFR) en g.	65
Tabla 20 Análisis de variancia para masa de materia seca de raíz (MMSR) en g.	66
Tabla 21 Análisis de variancia para masa de materia fresca de tallo (MMFT) en g. .	67
Tabla 22 Análisis de variancia para masa de materia seca de tallo (MMST) en g.	68



Tabla 23 Análisis de variancia para masa de materia fresca de hojas (MMFH) en g. 70

Tabla 24 Análisis de variancia para masa de materia seca de hojas (MMSH) en g. .. 71



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa de ubicación del Experimento	36
Figura 2 Comportamiento de las temperaturas (2022 – 2023)	37
Figura 3 Comportamiento de la precipitación pluvial (noviembre 2022 – mayo 2023)	38
Figura 4 Distribución de tratamientos y detalle de la unidad experimental	39
Figura 5 Estructura de acero con cobertura de mallas raschel.....	41



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Pesado de hidrogel comercial en las cantidades de 10g y 15g respectivamente	78
ANEXO 2 Preparación del suelo de camacani, cernido en malla de 0.5 cm para uso en los experimentos	78
ANEXO 3 Estructuras construidas de acero recubiertas con los 5 niveles diferentes de sombra o luminosidad.....	79
ANEXO 4 Trabajos realizados en laboratorio de pastos y forrajes de la una puno	79
ANEXO 5 <i>Pinus radiata</i> y <i>polylepis incana</i> con 10 g de hidrogel	80
ANEXO 6 <i>Pinus radiata</i> y <i>polylepis incana</i> con 15 g de hidrogel	80
ANEXO 7 <i>Pinus radiata</i> y <i>polylepis incana</i> con 0 g de hidrogel	81
ANEXO 8 Hidrogel cargado con agua durante 24 horas y codificación de datos de muestras recogidas en campo.	81
ANEXO 9 Registro de altura planta para pino con 10 y 15 gramos. de hidrogel.	82
ANEXO 10 Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH, para pino con 10 gramos de hidrogel.	83
ANEXO 11 Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH para pino con 15 gramos de hidrogel.	84
ANEXO 12 Registro de ap para queñua con 10 gramos y 15 gramos. de hidrogel.	85
ANEXO 13 Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH, para queñua con 10 gramos de hidrogel.....	86
ANEXO 14 Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH, para queñua con 15 gramos de hidrogel.....	87
ANEXO 15 Análisis estadístico de AP para pino con 10 gramos de hidrogel.....	88
ANEXO 16 Análisis estadístico de AP para pino con 15 gramos de hidrogel.....	89
ANEXO 17 Análisis estadístico de AP para queñua con 10 gramos de hidrogel.	90
ANEXO 18 Análisis estadístico AP para queñua con 15 gramos de hidrogel.	91
ANEXO 19 Análisis estadístico de NH para pino con 10 gramos de hidrogel.....	92
ANEXO 20 Análisis estadístico para TR de pino con 10 gramos de hidrogel.....	93
ANEXO 21 Análisis estadístico de MMFR para pino con 10 gramos de hidrogel.....	94
ANEXO 22 Análisis estadístico de MMSR para pino con 10 gramos de hidrogel.....	95



ANEXO 23	Análisis estadístico de MMFT para pino con 10 gramos de hidrogel.	96
ANEXO 24	Análisis estadístico de MMST para pino con 10 gramos de hidrogel.	97
ANEXO 25	Análisis estadístico de MMFH para pino con 10 gramos de hidrogel.....	98
ANEXO 26	Análisis estadístico de MMSH para pino con 10 gramos de hidrogel.....	99
ANEXO 27	Análisis estadístico de NH para pino con 15 gramos de hidrogel.	100
ANEXO 28	Análisis estadístico de DCP para pino con 15 gramos de hidrogel.....	101
ANEXO 29	Análisis estadístico de TR para pino con 15 gramos de hidrogel.....	102
ANEXO 30	Análisis estadístico de MMFR para pino con 15 gramos de hidrogel....	103
ANEXO 31	Análisis estadístico de MMSR para pino con 15 gramos de hidrogel.....	104
ANEXO 32	Análisis estadístico de MMFT para pino con 15 gramos de hidrogel.	105
ANEXO 33	Análisis estadístico de MMST para pino con 15 gramos de hidrogel.	106
ANEXO 34	Análisis estadístico de MMFH para pino con 15 gramos de hidrogel.....	107
ANEXO 35	Análisis estadístico de MMSH para pino con 15 gramos de hidrogel.....	108
ANEXO 36	Análisis estadístico de NH para queñua con 10 gramos de hidrogel.	109
ANEXO 37	Análisis estadístico de NR para queñua con 10 gramos de hidrogel.....	110
ANEXO 38	Análisis estadístico de DCP para queñua con 10 gramos de hidrogel. ...	111
ANEXO 39	Análisis estadístico de TR para queñua con 10 gramos de hidrogel.	112
ANEXO 40	Análisis estadístico de MMFR para queñua con 10 gramos de hidrogel.	113
ANEXO 41	Análisis estadístico de MMSR para queñua con 10 gramos de hidrogel.	114
ANEXO 42	Análisis estadístico de MMFT para queñua con 10 gramos de hidrogel.	115
ANEXO 43	Análisis estadístico de MMST para queñua con 10 gramos de hidrogel.	116
ANEXO 44	Análisis estadístico de MMFH para queñua con 10 gramos de hidrogel.	117
ANEXO 45	Análisis estadístico de MMSH para queñua con 10 gramos de hidrogel.	118
ANEXO 46	Análisis estadístico de NH para queñua con 15 gramos de hidrogel.	119
ANEXO 47	Análisis estadístico de NR para queñua con 15 gramos de hidrogel.....	120
ANEXO 48	Análisis estadístico de DCP para queñua con 15 gramos de hidrogel. ...	121
ANEXO 49	Análisis estadístico de TR para queñua con 15 gramos de hidrogel.	122
ANEXO 50	Análisis estadístico de MMFR para queñua con 15 gramos de hidrogel.	123
ANEXO 51	Análisis estadístico de MMSR para queñua con 15 gramos de hidrogel.	124
ANEXO 52	Análisis estadístico de MMFT para queñua con 15 gramos de hidrogel.	125
ANEXO 53	Análisis estadístico de MMST para queñua con 15 gramos de hidrogel.	126
ANEXO 54	Análisis estadístico de MMFH para queñua con 15 gramos de hidrogel.	127
ANEXO 55	Análisis estadístico de MMSH para queñua con 15 gramos de hidrogel.	128



ACRÓNIMOS

AL:	Altura de planta
cm:	Centímetros
CV:	Coefficiente de variación
°C:	Grados Centígrados
DCP:	Diámetro del cuello de planta
g.:	Gramos
L:	Litros
MMFR:	Masa de materia fresca de raíz
MMFT:	Masa de materia fresca de tallo
MMST:	Masa de materia seca de tallos
MMFH:	Masa de materia fresca de hojas
MMSH:	Masa de materia seca de hojas
m.s.n.m.:	Metros sobre el nivel del mar
T:	Tratamiento
UNA:	Universidad Nacional del Altiplano
ZnO-NP:	Nanopartículas de Oxido de Zinc



RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental Camacani de la UNA PUNO, en el distrito de Platería, provincia y departamento de Puno. Se estudiaron dos especies forestales, *Pinus radiata* y *Polylepis incana*. En el estudio se planteó cuatro objetivos específicos: 1) Evaluar el efecto de 6 niveles de luminosidad en el crecimiento y desarrollo de *Pinus radiata*. 2) Estudiar dos dosis de hidrogel cargado con ZnO-NP en el crecimiento y desarrollo de *Pinus radiata* 3) Determinar el efecto de 6 niveles de luminosidad en el crecimiento y desarrollo de *Polylepis incana*, 4) Estudiar dos dosis de hidrogel cargado con ZnO-NP en el crecimiento y desarrollo de *Polylepis incana*. Para el estudio se utilizaron bolsas con 10 kg de suelo químicamente analizados. Se dispusieron en seis bloques de luminosidad (T1 95%, T2 80%, T3 65%, T4 50%, T5 35% y T6 0% testigo), con 20 plantas por bloque (10 de cada especie). Durante seis meses se evaluaron los siguientes parámetros: altura de planta, número de hojas, diámetro de cuello de la planta, tamaño y masa de raíces, masa de materia fresca y seca del tallo. El diseño estadístico fue un experimento factorial de 6 x 2. Los resultados mostraron que el T3 con 10g y 15g de hidrogel cargado con ZnO-NP y el nivel de sombra a un 65%, fue más efectivo para *Pinus radiata* en todos los parámetros evaluados. En cuanto a la especie forestal de *Polylepis incana* el T1 (95% de luminosidad) fue el más destacado independientemente de la dosis de Hidrogel. Se concluye que, para optimizar el crecimiento vegetativo en viveros forestales, es recomendable usar para *Pinus radiata* el T3 (65% de luminosidad) y para *Polylepis incana* el T1 (95% de luminosidad).

Palabras Clave: Hidrogel, Luminosidad, Producción vegetal, Viveros forestales.



ABSTRACT

This research was carried out at the Camacani Experimental Center of the UNA PUNO, in the district of Platería, province and department of Puno. Two forest species, *Pinus radiata* and *Polylepis incana*, were studied. The study had four specific objectives: 1) To evaluate the effect of 6 levels of luminosity on the growth and development of *Pinus radiata*. 2) To study two doses of hydrogel loaded with ZnO-NP on the growth and development of *Pinus radiata*. 3) To determine the effect of 6 levels of luminosity on the growth and development of *Polylepis incana*, 4) To study two doses of hydrogel loaded with ZnO-NP on the growth and development of *Polylepis incana*. Bags containing 10 kg of chemically analyzed soil were used for the study. They were arranged in six brightness blocks (T1 95%, T2 80%, T3 65%, T4 50%, T5 35% and T6 0% control), with 20 plants per block (10 of each species). The following parameters were evaluated during six months: plant height, number of leaves, plant collar diameter, root size and mass, fresh and dry matter mass of the stem. The statistical design was a 6 x 2 factorial experiment. The results showed that T3 with 10g and 15g of hydrogel loaded with ZnO-NP and the shade level at 65% was more effective for *Pinus radiata* in all the parameters evaluated. As for the *Polylepis incana* forest species, T1 (95% luminosity) was the most outstanding regardless of the hydrogel dosage. It is concluded that, to optimize vegetative growth in forest nurseries, it is advisable to use T3 (65% luminosity) for *Pinus radiata* and T1 (95% luminosity) for *Polylepis incana*.

Keywords: Hydrogel, Luminosity, Plant production, Forest nurseries.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Es necesario hacer mención del alto grado de degradación ambiental pues esta tesis trata de integrar nuevos biomateriales como polímeros y nanopartículas de óxido de zinc, para tratar de contribuir con nuevas nanotecnologías a la producción de plantones forestales con suficiente capacidad de sobrevivencia en tierras de escasa fertilidad con fines de restaurar, rehabilitar o remplazar árboles, en ese sentido Bradshaw (1987), realiza un listado de opciones de: rehabilitación, reemplazo, restauración, rehabilitación, plantaciones comerciales o agroforestales, reforestaciones con especies nativas, regeneración natural asistida, por último, regeneración natural o restauración pasiva, son algunas de las más de tres opciones mencionadas por otros autores con un planteamiento en cuanto al paisaje (Chazdon, 2008). Cabe señalar que en esta investigación nos enfocamos en la restauración con especies forestales siendo una de ellas nativa de Puno y otra exótica.

La forestación en suelos pobres requiere plantas de alta calidad con características adecuadas a las condiciones del área de forestación. Para cultivar plantas en diferentes tipos de suelos, es fundamental comprender y gestionar los aspectos nutricionales (Soares et al., 2017).

Los polímeros sintéticos conocidos como superabsorbentes debido a su alta capacidad de retención de agua son aditivos desarrollados para mejorar la estabilidad y el crecimiento vegetal en suelos de ambientes áridos (Sayed *et al.*, 1991; Johnson & Piper, 1997).



Es crucial e imprescindible desarrollar proyectos de reforestación utilizando especies nativas y fomentar recursos forestales para la economía familiar mediante el cultivo de especies como el pino. El éxito de estos proyectos depende de la comprensión de las características silvícolas desde una perspectiva ecológica y de la gestión eficiente para producir plantas de alta calidad a bajo costo (Moraes et al., 2000; Fonseca et al., 2002).

Los polímeros se utilizan por diversas razones, incluyendo la retención de agua, lo que mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo cuando el hidrogel se recarga con fertilizantes, como nanopartículas de óxido de zinc, para aumentar la producción y el rendimiento de los cultivos. La aplicación de polímeros incrementa la capacidad del suelo para retener agua. Los polímeros absorbentes de agua, como la poliacrilamida injertada y reticulada en la cadena de polímero principal, se preparan a partir de derivados de celulosa, conocidos como carboximetilcelulosa, se utilizan para preparar polímeros que son ecológicos y biodegradables (Paluszek & Zembrowski, 2008). En tal sentido se entiende la composición de los polímeros y sobre todo su nulo impacto con el medio ambiente.

Además de tener la capacidad de absorber agua, los hidrogeles utilizados en la agricultura deben liberar esta agua de manera gradual, ajustándose a las necesidades específicas de las plantas.

El hidrogel está compuesto de polímeros y de agua, la cual llena los espacios entre las macromoléculas y una red tridimensional de cadenas poliméricas. Una dosis adecuada de hidrogel ayuda a reducir la frecuencia de riego en los cultivos, lo que conlleva un ahorro significativo de recursos hídricos (Álvarez et al. 2023).



Muchas especies forestales, tanto nativas como exóticas, son adecuadas para el cultivo racional y pueden emplearse para diversos fines, ya sea ornamentales, madereros, alimenticios u otros de valor para la conservación, sin embargo, hay una falta de bibliografía científica para las zonas climáticas de Puno que proporción protocolos sobre la producción de plantones de Queñua y Pino.

Un factor que influye de manera significativa en la calidad y los atributos de las plantas es la intensidad de la luz. Debido a que la luminosidad es un factor crítico que influye en las características de crecimiento y calidad de las plantas, la investigación de la luminosidad y su interacción con el crecimiento y desarrollo es fundamental para evaluar el potencial de las especies arbóreas en programas de revegetación (Fonseca et al., 2002; Scalon et al., 2006; Rego & Possamai, 2006).

La forestación y reforestación son asuntos que las autoridades del sector agropecuario y ambiental deben considerar, especialmente ante los cambios climáticos que generan estrés hídrico en las plantas. Es por ello que debemos enfocarnos en la aplicación de nuevas tecnologías para la producción forestal, entre estas tecnologías se encuentran los hidrogeles y las nanopartículas de zinc (ZnO-NP), juntos como estudios de eco fisiología del crecimiento de plantones forestales.

El estrés como resultado, tiene efectos perjudiciales sobre la resiliencia y vitalidad de los ecosistemas forestales, lo que conlleva a un menor crecimiento y posterior muerte de árboles. En última instancia, la regresión de las masas forestales (Wu et al., 2022).

Nietsche et al., (2004), señala que la plantación de especies nativas demanda un conocimiento técnico que no siempre está disponible. En este sentido se debe mejorar el sistema de producción de plantones forestales, especialmente por la creciente demanda



de producción comercial y la necesidad de recuperar áreas degradadas, independientemente de su causa.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la dosis de hidrogel cargado con ZnO-NP y niveles de luminosidad en comportamiento de *Pinus radiata* y *Polylepis incana*.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de 6 niveles de luminosidad en el crecimiento y desarrollo de *Pinus radiata*.
- Determinar el efecto de 6 niveles de luminosidad en el crecimiento y desarrollo de *Polylepis incana*.
- Estudiar dos dosis de hidrogel cargado con ZnO-NP en el crecimiento y desarrollo de *Pinus radiata*.
- Estudiar dos dosis de hidrogel cargado con ZnO-NP en el crecimiento y desarrollo de *Polylepis incana*.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

La nanociencia es un campo emergente en la ciencia que se dedica al análisis de los materiales con dimensiones muy reducidas; frecuentemente, se enfoca en la producción de nanopartículas (Krumpfer et al, 2013).

Los nanomateriales basados en zinc tuvieron un mayor impacto en el crecimiento y la germinación, en crecimiento de las raíces, encontrando valores de EC50 similares a los de ZnO y Zn (Lin y Xing, 2007).

Barcia & Ontaneda (2017), realizaron un estudio en la parroquia San José de Ancón, comuna, se tuvo como objetivo determinar el comportamiento agronómico de la especie forestal guasango en el prendimiento inicial, utilizando tres tratamientos: waterboxx (T1), hidrogel (T2) y el convencional (T3). Los resultados mostraron un 100% de prendimiento con el waterboxx, un 90% con el hidrogel y un 88% con el método convencional. Se evaluaron diferentes variables en el desarrollo del cultivo, tales como diámetro del tallo, número de hojas, diámetro de copa, altura de la planta y cantidad de agua utilizada en cada tratamiento, con datos obtenidos mediante toma diaria durante 180 días. Los resultados indicaron que el tratamiento 1 es el más conveniente, logrando el mayor porcentaje de prendimiento de las plantas y una utilización más eficiente del agua en zonas áridas y semiáridas.

Orrala y Ontaneda (2018), se desarrolló en la zona árida de la Península de Santa Elena, enfocándose en la especie forestal algarrobo (*Prosopis juliflora* (SW)



DC.). Este estudio implementó un método de prendimiento similar al del ensayo anterior, utilizando un diseño experimental completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos y siete repeticiones. Los resultados obtenidos después de 180 días demostraron que el tratamiento 1, que consistió en el uso de hidrogel, fue el más efectivo para el prendimiento de esta planta, adaptándola de manera óptima a las condiciones secas de Ancón.

Perez (2019), realizó su trabajo de investigación con el objetivo de evaluar dos dosis de hidrogel en la sobrevivencia y desarrollo de *Pinus radiata* plantados bajo condiciones de precipitación baja. el experimento se estableció en CP de Chichucancha departamento de Ancash, con un diseño experimental completamente al azar donde se evaluaron 48 plantas, en los tratamientos se aplicaron 50 kg/ha de hidrogel (T1), 100 kg/ha (T2) y el testigo (T0), para estos tratamientos se utilizaron 16 plantas por tratamiento. En donde se evaluaron los parámetros de mortalidad y crecimiento de planta (diámetro y altura). Los resultados mostraron que en los tratamientos aplicados con 50 kg/ha de hidrogel hubo mayor sobrevivencia y desarrollo que con la dosis de 100 kg/ha y testigo de 0kg/ha.

Albalasmeh et al. (2022), desarrollaron su investigación con el objetivo de evaluar el efecto del hidrogel sobre las propiedades físicas del suelo y los parámetros de crecimiento de las plantas en suelos arenosos y limo-arcillosos. Se realizaron experimentos de laboratorio utilizando diez concentraciones diferentes de hidrogel basadas en el porcentaje de hidrogel añadido (0, 0,02, 0,04, 0,07, 0,09, 0,11, 0,16, 0,22, 0,27 y 0,33% (p/p) hidrogel/suelo) para evaluar su efecto sobre el suelo. Además, se realizó un experimento en macetas de invernadero utilizando cuatro concentraciones de hidrogel de 0, 0,25, 0,5 y 1% (p/p) en *Zea mays* como



planta modelo para evaluar su efecto sobre los parámetros de crecimiento de la planta. Los resultados revelaron que la mayor mejora en el porcentaje de agregados del suelo fue del 35% con una concentración de hidrogel del 0,27%, mientras que la concentración de hidrogel del 0,33% aumentó el agua disponible en el suelo en un 49%. Además, en comparación con el control, aumentó la eficiencia del uso del agua en ambos suelos y el crecimiento del maíz.

Kargar et al. (2017), probaron el efecto la enmienda del suelo con hidrogel en la reducción del estrés hídrico del olmo siberiano y el arce plateado. Los árboles se plantaron en suelos con una de las dos concentraciones de hidrogel (0,5% o 1% de peso seco) en comparación con el suelo de control (0% de hidrogel) y se regaron diaria, semanal o quincenalmente. El crecimiento se controló midiendo la altura y el diámetro del tallo. El estrés se controló midiendo SPAD y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), como medidas indirectas del contenido de clorofila y fotosensibilidad del contenido de clorofila y la actividad fotosintética, respectivamente. El estrés hídrico redujo el NDVI ($p < 0,05$), pero no tuvo un efecto significativo sobre las lecturas de SPAD. El suelo con una concentración del 0,5% de hidrogel se asoció positivamente con una mayor altura y NDVI ($p < 0,01$) tanto en arces como en olmos. Los hidrogeles tuvieron un efecto específico para cada especie en las lecturas de SPAD. La interacción entre la concentración de hidrogel y el régimen de riego tuvo un efecto significativo sobre la altura y el NDVI ($p < 0,01$) de los olmos, pero no de los arces. El mejor rendimiento de los árboles jóvenes sometidos a estrés hídrico en suelos de los hidrogeles para absorber y liberar gradualmente agua y nutrientes.

Sadat et al. (2018), probaron los efectos del polímero super absorbente (SAP), evaluando las propiedades de crecimiento de *Seidlitzia rosmarinus* en la



árida Región de Emrani en Irán, en un estudio de recuperación. Una concentración de SAP gradiente; se combinó con riego de 30 y 60 días, y los resultados se evaluaron después de dos temporadas de crecimiento. Los resultados indican que la aplicación de SAP 1 aumentó la disponibilidad del contenido de agua de hasta el 68,5 % y disminución de la densidad aparente del suelo en un 25,5 % y la tasa de infiltración del suelo en un 21,5%. SAP mejoró los índices de crecimiento y las tasas de establecimiento de plántulas de *S. rosmarinus* bajo estrés por sequía. Además, la aplicación de SAP 3 puede aumentar significativamente la calidad del suelo, la capacidad de intercambio catiónico hasta un 31% respecto al control. Se concluyó que este estudio aumento las propiedades de retención de agua.

Almeida et al. (2005), evaluaron el crecimiento de plántulas de *Jacaranda puberula* en vivero sometidas a diferentes niveles de luminosidad. Se realizó en el Distrito de Colombo, sometidas a 0%, 30%, 50%, 70% de sombreado respectivamente. Evaluandose las siguientes variables: altura de planta a 60, 90 y 120 días, diámetro del tallo a 90 y 120 días, área foliar, peso seco de la raíz. Concluyendo que las plantas expuestas a sol (0% de sombra) mostro una alta tasa de mortalidad, en cambio el tratamiento con 30% de sombra, resultado estadísticamente superior en todas las variables evaluadas; siendo recomendada para la producción de plántulas *Jacaranda puberula*.

Aguedo & Patricia (2015), en su investigación titulada, Producción de plántulas de pino (*Pinus radiata*) en mezclas de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, bajo condiciones de invernadero en el Distrito de Independencia, Provincia de Huaraz – Ancash. Tuvo como objetivo determinar el efecto de las mezclas de dos sustrato con Hidrogel y tres niveles de riego, en donde evaluaron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tallo; longitud de raíz, peso



fresco de raíz y peso fresco parte aérea. Concluyendo que las plantas más desarrolladas fueron con el sustrato Musgo 50% + Tierra agrícola 50% que presentaron mayor incremento para las variables, altura (29.15 cm), diámetro (6.71mm), peso fresco aéreo (8.02 g), peso fresco de raíz (1.59 g) y longitud de raíz (40.55 cm); así mismo con el riego cada 5 días presentaron mayor incremento para las variables; altura (30.17 cm), diámetro (7.26 mm), peso fresco aéreo (8.39 g), peso fresco de raíz (1.66 g) y longitud de raíz (42.45 cm); al igual que con el uso de hidro gel, presentaron mayor incremento para las variables; altura (29.27 cm), diámetro (6.76 mm), peso fresco aéreo (8.05 g), peso fresco de raíz (1.60 g) y longitud de raíz (40.72cm).

Estrada et al. (2023), en la investigación titulada, “Fertilización foliar con nanopartículas de ZnO y su efecto en la producción, calidad biofísica y nutraceútica en frutos de nogal pecanero (*Carya illinoensis*)”, realizada en una huerta ubicada en el municipio de Gómez Palacio, Durango, México. Se evaluaron mediante dosis de ZnO con los siguientes tratamientos: control, 4000 ($ZnSO_4$), 2000 (nps ZnO), y 4000 (nps ZnO) mg L⁻¹. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones. Concluyendo que la diferencia fue significativa en rendimiento y nivel de Zn en los folíolos, donde el mejor tratamiento fue 4000 mg L⁻¹ de nanopartículas de ZnO, mientras que para la variable largo de nuez se observó diferencia significativa, siendo inferior el tratamiento de 4000 mg L⁻¹ de $ZnSO_4$.

Garay (2022), en la tesis titulada, Evaluación de plantaciones de *Pinus radiata* D.Don en asociación con hidrogel en las comunidades campesinas de Madean y Viñac en la provincia de Yauyos – Lima. Donde se determinó el uso de hidrogel en la fenología, estimación de la densidad de plantas y la estimación del



incremento de volumen de crecimiento de *Pinus Radiata*. Concluyendo que la adición del hidrogel influyó sobre el comportamiento fenológico de *P. radiata*, puesto que se obtuvieron diámetros promedio de hasta 21 cm, alturas mayores de 9 m y volúmenes de 0.35 m³. Así mismo En cuanto al estado fitosanitario encontrado en las plantaciones de pino, se llegó a alcanzar alrededor del 71% de los individuos en la condición de calidad “Buena” y en menor proporción de la condición “Mala”.

Estela (2020), en su trabajo de investigación titulado “Medición de los índices de radiación ultravioleta en el campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua, 2019”, el objetivo principal fue divulgar los niveles de radiación ultravioleta obtenidos a partir del registro de una mini estación meteorológica. Esta investigación se llevó a cabo en un enfoque experimental. Los resultados revelaron siete niveles extremadamente altos (17), sin una escala definida, entre las 10:00 a. m. y las 3:30 p. m. en días soleados. Además, se observaron niveles de (15), también sin escala definida, desde las 11:00 a. m. hasta las 3:00 p. m. en días nublados.

Ballón y Zúñiga (2014), en su trabajo de investigación titulado “Conocimientos y prácticas de medidas de prevención frente a la exposición de radiación solar en trabajadores agrícolas la Joya”, se propusieron analizar la relación entre el conocimiento y las prácticas de prevención ante la exposición a la radiación solar. El estudio se llevó a cabo en trabajadores agrícolas durante las horas de 10:00 a.m. a 3:00 p.m., durante el día. Para ello, emplearon un enfoque descriptivo y aplicaron la metodología de diseño correlacional de corte transversal. La población total fue de 1,074 individuos, y la muestra incluyó a 283 agricultores. Los resultados obtenidos indican que un 37.8% de los participantes

desconoce los riesgos para la salud asociados con la exposición a la radiación UVB, mientras que un 60.42% no cumple con las medidas preventivas recomendadas. Estos hallazgos resaltan la importancia de la educación y la concienciación sobre los peligros de la radiación solar en el ámbito agrícola.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Malla Raschel

La malla sombra Raschel es un material tejido a partir de polietileno de alta densidad, lo que la convierte en una opción idónea para su aplicación en viveros como sombra. Su diseño está específicamente orientado a crear áreas sombreadas y regular la cantidad de luz que se filtra, todo ello en función del porcentaje de densidad seleccionado (Lisle , 2013).

Por otro lado Shahak (2012), indica que las fibras de HDPE (polietileno de alta densidad) empleadas en la producción de las mallas Raschel se entrelazan en diversas densidades y reciben un tratamiento especial para resistir los efectos dañinos de los rayos ultravioleta. En consecuencia, la duración de estas mallas varía según su porcentaje de sombreado: aquellas con mayor porcentaje pueden durar hasta 3 años, mientras que las de menor porcentaje tienen una vida útil de aproximadamente 1 año.

2.2.2. Hidrogel

Los hidrogeles son polímeros hidrófilos que se encuentran químicamente estabilizados en una red tridimensional (Fawzy & Gomaa, 2020; Liu et al., 2023). El hidrogel se presenta como una opción y alternativa valiosa, ya que como polímero hidro absorbente tiene la capacidad de retener entre 100 y 400 veces su peso variando según la calidad del agua (Elizondo et al.,2021).



Los hidrogeles se caracterizan por su capacidad hidrofílica, lo que significa que tiene afinidad por el agua y por su insolubilidad en agua, lo que permite retener grandes cantidades de líquido, además son permeables a una gama de moléculas, incluidas las macromoléculas. Así mismo, muestran buena biocompatibilidad. Su naturaleza hidrofílica se debe a la presencia de grupos solubles en agua, como: -OH, -COOH, -CONH-, -SOH, entre otros. La insolubilidad y la estabilidad del hidrogel se atribuyen a la presencia de la red tridimensional.

El alto contenido de agua en el hidrogel puede contribuir a su compatibilidad con los tejidos naturales, esto se debe a que la presencia de agua en el hidrogel puede simular las condiciones naturales del tejido, lo que ayuda a reducir la irritación y la respuesta inmunológica adversa cuando se utiliza en contacto con los tejidos biológicos. Además, el alto contenido de agua puede proporcionar un entorno favorable para la difusión de nutrientes y sustancias bioactivas en el tejido circundante (Klempner, 1990). Los hidrogeles pueden clasificarse de diversas formas según las características y propiedades que se consideren, por ejemplo, en función de la naturaleza de los grupos laterales, pueden ser neutros u iónicos (aniónicos, catiónicos, anfotéricos). Así mismo, en relación con sus propias mecánicas y estructurales, pueden clasificarse como redes afines u redes fantasma. Esta diversidad de clasificaciones permite comprender mejor las características y aplicaciones de cada tipo de hidrogel.

Dependiendo del método de preparación, los hidrogeles pueden clasificarse según la estructura de la red como homopolimérica, copolimérica, o red polimérica interpenetrada. Finalmente, pueden clasificarse con base en la



estructura física de la red en hidrogeles amorfos, semicristalinos, estructuras por enlaces de hidrogeno y agregados hidro coloidales (Hickey y Peppas, 1995).

Existen tres grupos principales de polímeros utilizados en esta aplicación: co-polimeros de almidón (poliacrilonitrilo-almidón); polivinil acoholes (copolímeros de ácidos vinil alcohol-acrílicos) y poliacrilamidas (copolímero de acrilamida sódica-acrilato). Se han desarrollado polímeros adicionados con nutrientes y precursores de crecimiento que además de mejorar las relaciones hídricas en el medio de crecimiento radicular, aportan dichos elementos y aumentan la capacidad de intercambio de iones que el medio posee (Hady y Tayel, 1981).

2.2.2.1. Hidrogel en especies forestales

La silvicultura moderna necesita evolucionar, dejando atrás los itinerarios técnicos obsoletos del ciclo anterior. Es esencial emplear polímeros para garantizar la estabilización y el crecimiento de las especies forestales. Los cultivos forestales, que pertenecen al grupo de cultivos de ciclos largos, están mayormente establecidos en bosques y en áreas reforestadas por el hombre. Además, se debe considerar su adaptabilidad a la zona de siembra, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, la adaptabilidad al suelo y el propósito final de la plantación (Rodríguez, 2013).



2.2.3. Generalidades del pino

2.2.3.1. Origen del pino

Fernández y Sarmiento (2004), considera que su nombre vulgar clásico es pino de Monterrey, en referencia a la comarca californiana de Monterrey (Estados Unidos), de donde es originario. Aunque el nombre científico actualmente aceptado para esta especie es *Pinus radiata* D., también es conocido por otras denominaciones como *Pinus californiana* (incide de nuevo en su origen) y *Pinus insignis*.

2.2.3.2. Posición taxonómica

Según Engler citado por Solano (2006), indica que el pino taxonómicamente está ubicado de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*

Especie: *Pinus radiata* D.

2.2.3.3. Características botánicas

Esta especie alcanza los 30-40 m de altura, con una corteza de color marrón rojizo u oscuro, relativamente delgada y algo agrietada. Se distingue por sus acículas agrupadas en fascículos de 3 en 3, que miden de 7 a 15 cm de largo. Su crecimiento es estrictamente monopódico, con un



eje principal ortótropo y ramificaciones secundarias regularmente espaciadas en falsos verticilos. Sus piñas son ovoideas, cortamente pedunculadas y muy asimétricas, midiendo de 7 a 15 cm de largo, con apófisis de las escamas externas muy prominentes, que permanecen cerradas en el árbol durante mucho tiempo (López & Sánchez de Lorenzo, 2004).

Raíz: El pino posee un sistema radicular potente con raíces laterales bien desarrolladas y muy extendidas (ZAS, 2008), se mencionó el hallazgo de un árbol cuyas raíces laterales se extendían 20 metros desde su base. Según la FAO (1985), las raíces superficiales del pino se extienden por la capa de acículas en la mayoría de los pinos.

Tallo: Son erectos, con fisuras en la corteza, que es de color marrón grisáceo en la parte inferior y rojizo anaranjado o pardo rojizo en la parte superior y en las ramas. En los ejemplares jóvenes, la ramificación es completa, presentando una forma piramidal bien definida. A medida que el árbol envejece, pierde las ramas inferiores, quedando un tronco muy alto y desnudo con unas pocas ramas en la parte superior, lo que le da un aspecto más desgastado y con la copa más plana.

Hojas: Las hojas del pino son solitarias o se agrupan en fascículas en el extremo de ramas cortas o braquiblastos (ramas cortas con entrenudos próximos). Son simples, aciculares, lineares u oblongas, y generalmente presentan canales resiníferos. Sus hojas son de color verde-azulado, miden entre 3 y 8 cm de longitud y son punzantes, las hojas jóvenes son doblemente alargadas y están dispuestas en grupos de 3 o 4 (Killen et al.,1993).



Estróbilos: Estos son unisexuales; los masculinos son amentiformes solitarios o agrupados con numerosas escamas espiraladas, cada uno llevando dos sacos polínicos en la cara inferior; los estróbilos femeninos son solitarios sésiles, con péndulos cortos, a menudo grandes, redondos o alargados, con muchas escamas bilobuladas en la cara superior, protegidas por brácteas a veces muy desarrolladas (Killeen et al., 1993).

Fruto: Los conos son de color marrón y miden de 5 a 21 cm de largo y de 2.5 a 10 cm de ancho. Sus péndulos son cortos y a veces permanecen en el árbol durante varios años. Cada cono contiene aproximadamente 200 semillas de color gris pálido a negro, con alas grandes (Lamprecht, 1990).

Semilla: Las semillas de *Pinnus radianta*, son aladas de hasta 4 mm de longitud de color negro grisáceo, miden de 0.5 – 0.7 cm de largo, con alas de 2 cm de largo. Semillas con un ala unilateral, articulada o soldada a la testa (Killen et., 1993).

2.2.4. Generalidades de *Polylepis*

2.2.4.1. Taxonomía del género *Polylepis*

El género botánico *Polylepis* incluye aproximadamente 28 especies de pequeños árboles y arbustos, conocidos comúnmente como: Queñua, yagual, kewiña, queñual, entre otros nombres (del quechua qiwuña). Estas especies pertenecen a la familia Rosaceae.

Lozano (1987) y Piller, et al. (1993), presentan la clasificación taxonómica de la planta de kiswara:

Reino: Vegetal



Orden: Rosaceae

Sub Familia: Rosoideae

Género: *Polylepis*

Especie: *Polylepis incana* p. *incana* por Humboldt, Bonpland, and Kunth (1824)

2.2.4.2. Características vegetativas

Según Chiclote et al. (1985), hacen mención que las características de Queñua son:

Tallo: La especie de *kiswara* abarca desde arbustos de 1 a 5 metros de altura hasta árboles de 22 metros. El fuste suele ser torcido y puede ser único o tener varios tallos. Los árboles tienen abundantes ramificaciones, muchas de las cuales nacen desde la base del tronco. La copa generalmente es difusa e irregular. La corteza es de color rojizo o marrón amarillento brillante y se desprende en capas delgadas y translúcidas de forma continua. En las ramas jóvenes, la corteza externa aumenta considerablemente su diámetro aparente, con un espesor que varía entre 2 y 2.4 mm.

Hojas: Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con un número de 3 folíolos en general, estos folíolos miden de 15 a 23 mm y suelen tener un color verde claro a verde oscuro y con un brillo característico en el haz. Son glabros en el haz y tienen el envés blanquecino-grisáceo y pubescente. Las nervaduras son bien marcadas. En cualquier especie del género, el tamaño de la hoja puede variar según las condiciones óptimas de crecimiento, siendo más grandes en terrenos húmedos.



Flores: Las flores son incompletas, lo que significa que carecen de corola y nectario. Se agrupan en racimos con 5 a 10 flores cada uno. Estas flores tienen aproximadamente 5 mm de ancho y suelen tener alrededor de 20 a 28 estambres.

Fruto: El fruto mide aproximadamente 5 mm de largo por 4 mm de ancho. Es una drupa con cuatro aristas que se convierten en cortos aguijones. La época de fructificación suele ocurrir entre los meses de junio y septiembre.

Semillas: En muchos lugares de la sierra, no se encuentran semillas viables en los frutos debido a la dicogamia y la polinización anemófila del género. Esto ocurre principalmente en árboles aislados. En tales condiciones, solo se consigue semilla viable en bosques de cierta densidad, donde hay una mayor probabilidad de polinización exitosa.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, de la Facultad de Ciencias Agrarias.

3.1.1. Ubicación política

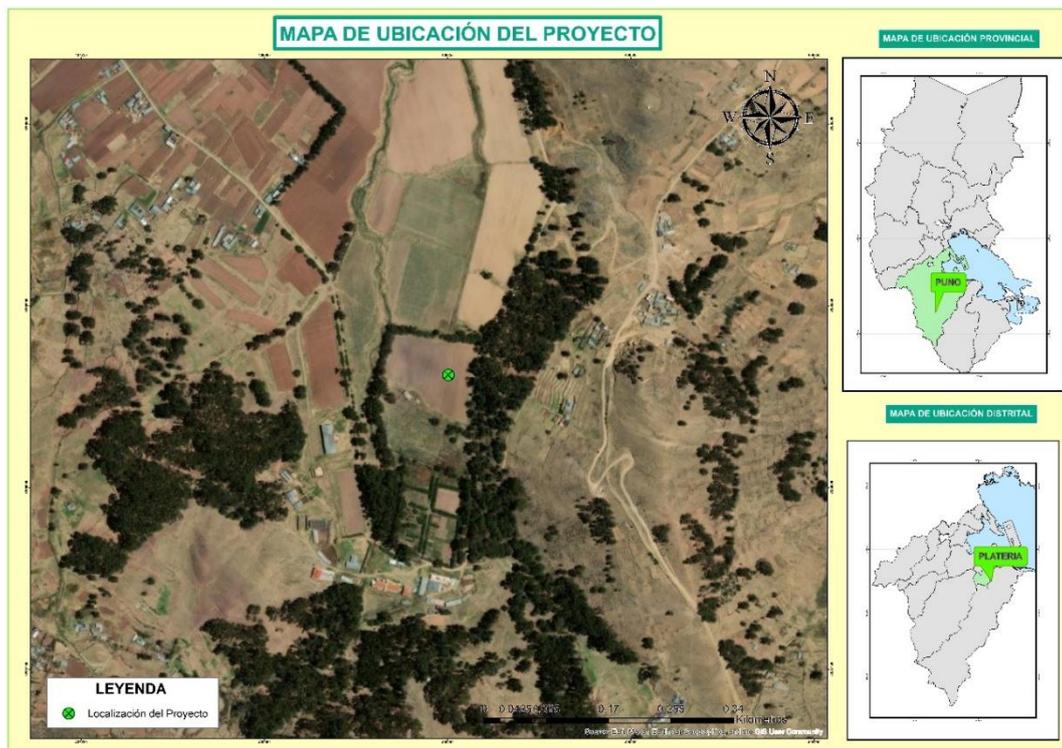
- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Plateria
- Lugar : C. E. Camacani

3.1.2. Ubicación Geográfica

- Altitud : 3826 msnm
- Latitud : 15° 59' 09" S
- Longitud : 69° 51' 31.7" W

Figura 1

Mapa de ubicación del Experimento



3.1.3. Periodo de duración del estudio

La ejecución de fase de campo de la investigación se realizó, durante los años 2022 – 2023. Inicia con el trasplante en noviembre de 2022, finalizó en mayo del 2023 con seis meses de evaluación.

3.2. CONDICIONES METEREOLÓGICAS

Las características meteorológicas de temperatura máxima, media y mínima, precipitación pluvial y humedad relativa se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Puno – Perú.

Tabla 1

Datos meteorológicos (2023 – 2024)

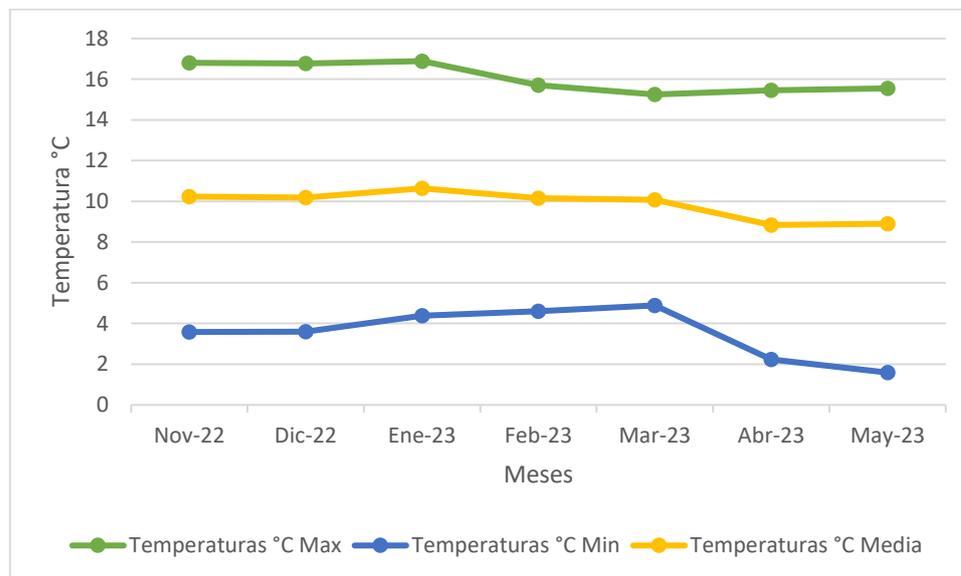
Mes	Temperaturas °C			Humedad relativa (%)	Precipitación pluvial (mm)
	Max	Min	Media		
2022 - 2023					
Nov-22	16.80	3.59	10.23	71.55	2.34
Dic-22	16.78	3.60	10.19	71.48	2.32
Ene-23	16.89	4.39	10.64	79.16	3.54
Feb-23	15.70	4.61	10.16	85.67	4.39
Mar-23	15.25	4.89	10.07	85.43	5.25
Abr-23	15.45	2.23	8.84	78.72	0.44
May-23	15.55	1.59	8.90	77.56	0.42
TOTAL	80.07	19.72	49.9	400.46	15.94
PROMEDIO	16.0	3.9	9.9	80.1	3.1

Nota: SENAMHI Estación Rincón de la Cruz Acora 2022 – 2023.

En la Tabla N°1, se presenta la fluctuación de temperatura media máxima que se registró en el mes de enero con 16.89°C y la temperatura media mínima se registró durante el mes de mayo con 1.59°C.

Figura 2

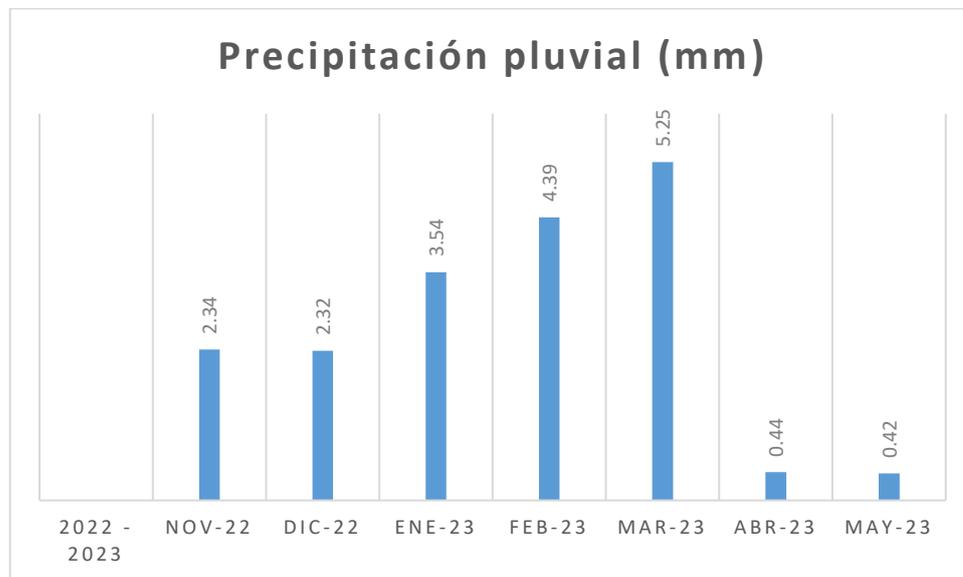
Comportamiento de las temperaturas (2022 – 2023)



La Figura 3 muestra la distribución mensual de la precipitación pluvial (noviembre 2022 – mayo 2023), donde se observa que la mayor precipitación se dio en el mes de marzo con 5.25 mm, la menor precipitación fue en el mes de mayo 0.42 mm.

Figura 3

Comportamiento de la precipitación pluvial (noviembre 2022 – mayo 2023)



3.3. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE SUELO

En la Tabla 2 se muestra un suelo cuya clase textural es franco, con un pH moderadamente alcalino y con una fertilidad media según el %MO, Fósforo disponible y Potasio disponible.

Tabla 2

Análisis químico de suelo empleado en el experimento

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD
Características físicas		
Arena	41	%
Limo	48	%
Arcilla	11	%
Textura	Franco	%
Características Químicas		
pH	7.91	
Conductividad eléctrica	2.71	dS/m
Matéria orgánica	2.89	%
Nitrógeno total	0.25	%

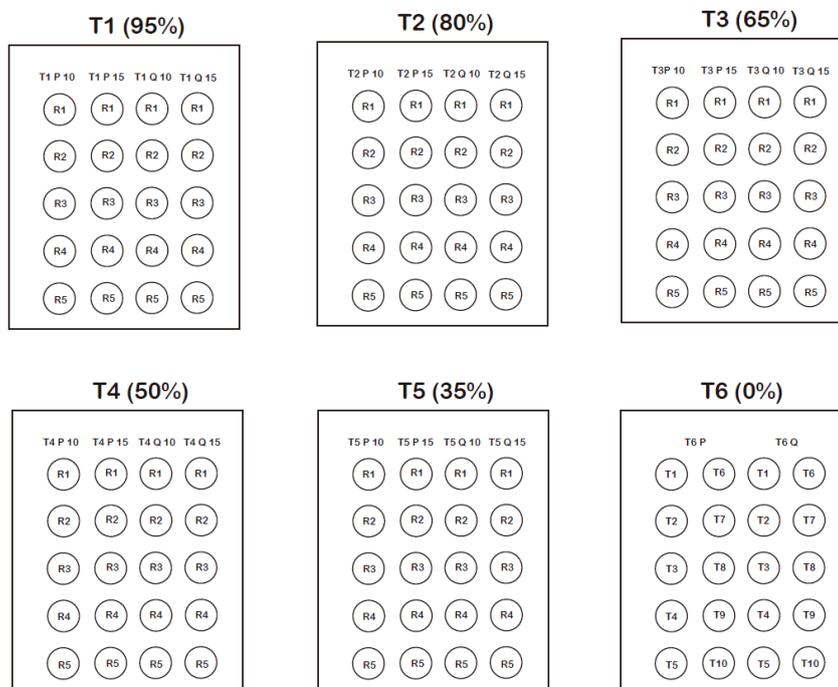
Fósforo disponible	10.68	ppm
Potasio disponible	606.01	ppm

3.4. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se condujo en un experimento de 6 tratamientos con la aplicación de dosis de hidrogel con la excepción del testigo, cada módulo mide $1.2m \times 2.0m = 2.4m^2$, en donde se tuvo 20 plantones por módulo.

Figura 4

Distribución de tratamientos y detalle de la unidad experimental



3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue en Bloques Completos al Azar, se utilizó un arreglo factorial de 6×2 , con 120 plantas. Donde 60 plantas fueron de Pino y 60 plantas de Queñua que permanecieron con dos tipos de Dosis, D1: 10 g y D2: 15 g de hidrogel; y un testigo (T) sin la aplicación de dosis de hidrogel, ni la instalación de la malla rachel, compuesto de 20 plantas en general, donde 10 plantas de pino y 10 plantas de Queñua estuvieron



expuestas a campo abierto a las condiciones climáticas adversas. Las plantas con las Dosis, D1 y D2 estuvieron en estructuras que designamos como T1, T2, T3, T4, T5 y T6 protegidas por una infraestructura de fierro y cubiertas como mallas raschel con distintas características de nombramiento de color verde.

Distribución de tratamientos para las especies forestales Pino y Queñua:

Tratamiento 1:

- 10 plantas de Pino y Queñua
- Luminosidad 1 (95%)
- Dosis 1 y 2 de hidrogel (10 y 15g)

Tratamiento 2:

- 10 plantas de Pino y Queñua
- Luminosidad 2 (80%)
- Dosis 1 y 2 de hidrogel (10 y 15g)

Tratamiento 3:

- 10 plantas de Pino y Queñua
- Luminosidad 3 (65%)
- Dosis 1 y 2 de hidrogel (10 y 15g)

Tratamiento 4:

- 10 plantas de Pino y Queñua
- Luminosidad 4 (50%)
- Dosis 1 y 2 de hidrogel (10 y 15g)

Tratamiento 5:

- 10 plantas de Pino y Queñua
- Luminosidad 5 (35%)
- Dosis 1 y 2 de hidrogel (10 y 15g)

Tratamiento 6:

- 10 plantas de Pino y Queñua
- Luminosidad 6 (0%)
- 0g de hidrogel

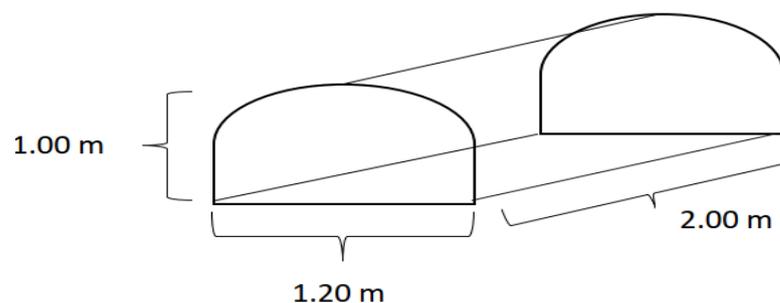
3.6. METOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1. Estructura de acero con cobertura de mallas raschel

La estructura fue construida con fierro de construcción civil de media pulgada, con la finalidad de que dicha estructura tenga buen soporte, para poder ser manipulada e instalar la cobertura de mallas raschel, las medidas de la estructura fueron de 2 m de largo por 1,20 m de ancho, por 1.00 m de altura.

Figura 5

Estructura de acero con cobertura de mallas raschel



Nota: Elaboración propia

3.6.2. Preparado del sustrato

Para la preparación del sustrato se colecto suelo del lugar y se zarandeó para no dejar impurezas (Raíces, malezas, piedra, etc.). Luego se procedió a homogenizarlo y embolsar en 10 kg por cada unidad experimental, en un total de 120 bolsas.

3.6.3. Hidrogel a base de poliacrilato de potasio

En la presente investigación se usó hidrogel comercial a base de poliacrilato de potasio (tabla 3), justamente por ser un producto amigable con el medio ambiente, sus características indican que se degrada en el suelo a los 5 años de su aplicación, también interactúa positivamente con el sistema radicular de la planta, con la disponibilidad de agua para la raíz y también liberando lentamente las nanopartículas de óxido de zinc (ZnO-NP).

Tabla 3

Caracterización del Hidrogel a base de poliacrilato potasio

	Descripción	Formula	Número de onda (cm ⁻¹)
Hidrogel a base de poliacrilato de potasio	Vibración de estiramiento del grupo hidroxilo.	O-H	~ 3369
	Estiramiento asimétrico y simétrico.	CH ₂	~ 2935 & ~ 2860
	Vibraciones de deformación.	C-OH	~ 1674
	Estiramiento asimétrico y simétrico y otra deformación asociada del grupo.	COO ⁻	~ 1555, ~1451, ~ 1404, ~1317 & ~1169
	Vibraciones de estiramiento del enlace C-O y vibraciones de deformación del grupo C-O-H.	C-O & C-O-H	~ 1239
	Deformación del enlace.	C-C	1162
	Estiramiento de enlaces en la estructura del ácido carboxílico.	C=O	~1113
	Otras deformaciones características del hidrogel polimérico a base de potasio.	--	55,~820, ~784~ 638 & ~616

3.6.4. Caracterización de las nanopartículas de Oxido de zinc ZnO-NP

En esta investigación, se decidió utilizar ZnO-NP como promotor del crecimiento (Oladosu et al, 2022). El cual fue adquirido a la empresa estadounidense Research Nanomaterials Inc., ubicada en Texas. Las características del material aportado procedieron como nutriente en el experimento que consistió en un polvo comercial de ZnO-NP de alta pureza con un diámetro de 35 a 45 nm. El nanopolvo se disolvió en agua y se mezcló con el polímero hidro retentor.

Tabla 4

Características de las nanopartículas de Oxido de Zinc

Certificado de análisis de nanopolvo de óxido de zinc (ZnO)				
ZnO	Cu	Mn	Cd	Pb
>99%	<3ppm	<5ppm	<9ppm	<9ppm

Nota: <https://www.us-nano.com/inc/sdetail/354>

3.6.5. Manejo de experimento en *Pinus radiata*

Experimento instalado en esquema factorial de $5 \times 2 = 10$, con 5 repeticiones (50 plántulas) 5 tratamientos con malla raschel. En total se tiene 5 niveles de penetración de rayos solares (sombreamiento), con 2 dosis de hidrogel en 10 g y 15g de hidrogel x litro de agua respectivamente.

3.6.5.1. Manejo de experimento con Hidrogel 10g

Hidrogel en proporción de 10 g por tratamiento, para lo cual fue pesado 10 g de hidrogel y distribuido en diferentes bolsas de plástico totalizando 50 unidades, previamente identificado con plumos permanente



con la finalidad de evitar errores, el hidrogel fue hidratado con 1 litro de agua.

3.6.5.2. Manejo de experimento con de Hidrogel 15g

Hidrogel en proporción de 15 g por tratamiento, para lo cual fue pesado 15 g de hidrogel y distribuido en diferentes bolsas de plástico totalizando 50 unidades, previamente identificado con plumos permanente con la finalidad de evitar errores, el hidrogel fue hidratado con 1 litro de agua.

3.6.6. Manejo de experimento con *Polylepis incana*

Experimento esquema factorial de $5 \times 2 = 10$ con 5 repeticiones (50 plántulas) 5 tratamientos con malla Rachel. En total 5 niveles de penetración de rayos solares con 2 dosis de hidrogel en 10 g y 15 g por el litro de agua. Cada tratamiento llevo 10 kg de suelo seco y cernida (previamente analizada químicamente), contenido de 0.008 gramos de nanopartículas de zinc ZnO-NP y 20-20-20 de fertilización base.

3.6.6.1. Preparación de Hidrogel 10g

Fue empleado una balanza analítica y luego pesado 10g de hidrogel en diferentes bolsitas previamente identificadas (50) hidrogel e incorporado con 1 litro de agua.



3.6.6.2. Preparación de Hidrogel 15g

Fue pesado 15 g de hidrogel en diferentes bolsitas previamente identificadas (50) en balanza analítica luego el hidrogel fue mezclado e incorporado 1 litro de agua.

3.6.7. Manejo del tratamiento testigo

Se usó 2 repeticiones de 10 plantas, siendo 10 de pino y 10 de Queñua respectivamente, que servirán de testigo para comparar los resultados obtenidos en los 5 tratamientos. Este tratamiento no se empleó malla raschel como también no llevo ninguna dosis de hidrogel y nanopartícula de Oxido de zinc.

3.6.8. Parámetros evaluados en la investigación

La altura, el diámetro del cuello, la masa seca de la parte aérea y la masa seca radical son las variables más manejadas para evaluar la calidad de las plantas de especies forestales. Según Landis et al. (2010), la altura y el diámetro del cuello son las características morfológicas más comunes y fáciles de evaluar en las plantas; en la investigación se evaluaron lo siguiente parámetros:

- Altura de plantas (ALT PL) en cm.
- Numero de hojas (NH).
- Diámetro del cuello de la planta (DCP) en mm (equipo empleado vernier digital).
- Tamaño de raíz (TR) en cm (equipo empleado vernier digital).
- Masa de materia fresca de raíz (MMFR) en g. (balanza analítica 0.000 precisión).



- Masa de materia fresca de raíz (MMSR) en g. (balanza analítica 0.000 precisión).
- Masa de materia fresca de tallo (MMFT) en g. (balanza analítica 0.000 precisión).
- Masa de materia seca de tallos (MMST) en g. (balanza analítica 0.000 precisión).
- Masa de materia fresca de hojas (MMFH) en g. (balanza analítica 0.000 precisión).
- Masa de materia seca de hojas (MMSH) en g. (balanza analítica 0.000 precisión).

3.6.9. Calidad e intensidad lumínica bajo mallas raschel

Fueron usado para los experimentos 5 mallas raschel de color verde de diferente tamaño de orificio adquiridas en el supermercado Promart center. Transmitiendo las longitudes de onda para la malla verde entre 500-550 nm.

3.6.10. Caracterización de las mallas raschel - color verde

- T1 Luminosidad del 95% reduce la radiación solar.
- T2 Luminosidad del 80% reduce la radiación solar.
- T3 Luminosidad del 65% reduce la radiación solar.
- T4 Luminosidad del 50% reduce la radiación solar.
- T5 Luminosidad del 35% reduce la radiación solar.
- T6 Luminosidad del 0% reduce la radiación solar (Tratamiento Testigo sin malla).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas siguientes se proporcionan los resultados de la investigación, siguiendo un orden cronológico de análisis y estudios de luminosidad y sombra con el uso de malla verde raschel, uso de dosis de hidrogel (10 y 15 g), todos con la misma cantidad de nanopartículas de óxido de zinc. En el tratamiento testigo no se empleó malla raschel como también no llevo ninguna dosis de hidrogel y nanopartícula de Oxido de zinc.

4.1. EFECTO DE DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON ZNO-NP Y NIVELES DE LUMINOSIDAD EN COMPORTAMIENTO EN *Pinus radiata*

4.1.1. Efecto en altura de plantas en cm

Para la altura de planta en pino, los valores de F fueron altamente significativos para 10 y 15 gramos de hidrogel respectivamente (Tabla 5). Con coeficientes de variación variando de 8.57 considerado bajo, a 16.39 considerado medio según (Gomes, 2000). El peor tratamiento para este estudio aplicando hidrogel para la variable de altura de planta fue el tratamiento testigo (T6) con medias variando de 15.40 (10g de hidrogel) a 16.93 (15g de hidrogel). El mayor tratamiento en para altura de plantas para pino fue el tratamiento (T3) con una media variando de 27.76 (10g de hidrogel) a 30.50 (15g de hidrogel). Se observa que a mayor cantidad de hidrogel comercial se obtuvo mayor media de crecimiento para la variable altura de plantas en pino.

Una respuesta morfogenética típica es el aumento de altura de las plantas que se desarrollan en condiciones de sombreado (Smith y Whitelam, 1990). En la presente investigación se puede observar respuestas a los tratamientos utilizados muy similar a (Smith y Whitelam, 1990).

Se puede también observar tres grupos para altura de plantas en función de las dosis de hidrogel en la especie Pino. Siendo el mejor grupo el (T3), como grupo intermedio los tratamientos (T1), y el peor grupo según las medias y la prueba de Tukey fueron los tratamientos (T2, T4, T5 y T6) respectivamente (Tabla 4).

Al parecer, el exceso del recurso agua debido al hidrogel favoreció el crecimiento en altura a expensas del crecimiento en diámetro y raíz, como se ha citado para *Eucalyptus grandis* y otras especies forestales (Castillo et al., 2005).

Tabla 5

Análisis de variancia para altura de plantas (AP) en cm

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Altura de plantas (cm) Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	9.33**	36.09**
GL	5	5
Residuo QM	108.09	123.22
CV (%)	16.39	8.57
DMS	6.65	3.61
	Medias	
T1	23.73ab	23.81b
T2	21.23abc	20.16c
T3	27.76a	30.50a
T4	20.24bc	19.83c
T5	16.17c	18.11c
T6 (testigo)	15.40c	16.93c

Nota: Prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.1.2. Efecto en número de hojas (NH)

El análisis de variancia para número de hojas (NH) en lo que concierne al estudio de F para Pino fue altamente significativo en 10 gramos y 15 gramos de hidrogel, con medias variando de 13.04 a 11.60 respectivamente. El Coeficiente de Variación para número de hojas es importante porque en este caso fueron altos, variando de 23.70 a 22.17 esta variación ocurre por tratarse de una especie que aún tiene en su genética genes que no fueron muy manipulados por la comunidad científica.

Tabla 6

Análisis de variancia para número de hojas (NH)

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Número de hojas - Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	13.04**	11.60**
GL	5	5
Residuo QM	197.9	161.36
CV (%)	23.70	22.17
DMS	27.49	24.82
	Medias	
T1	67.00abc	63.00b
T2	72.60ab	54.80b
T3	89.00a	88.20a
T4	61.20bc	47.80bc
T5	40.20cd	60.60b
T6 (testigo)	26.20d	29.40c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.1.3. Efecto en diámetro del cuello de la planta

En el efecto en diámetro del cuello de planta, mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0,01$), se muestran los resultados de análisis de variancia para diámetro de cuellos de plantas (DCP), en pino y quenua respectivamente, en función de los 6 niveles distintos de luminosidad (T1, T2, T3, T4 T5),



considerando al tratamiento testigo (T6) que no tiene luminosidad (sin ninguna malla Rachell) y también dos dosis de hidrogel (10g y 15g) en los tratamientos, este parámetro (DCP) es interesante evaluar ya que nos permite diferenciar el engrosamiento de los tallos en función de los tratamientos que se usaron en este estudio, este parámetro evaluado fue realizado empleando un vernier digital con periodos de 7 días hasta la culminación de la investigación que duro 7 meses en condiciones de campo (Tabla 7). En ese sentido los tratamientos lumínicos afectan diferentes especies como corroborado por (Ortega et al., 2006; Almeida et al., 2005).

Observamos que las medias para F fueron altamente significativas para pino con valores variando de 15.97 para 10 g a 16.71 para 15g. Los % de CV variaron de 13.68 para 10g a 14.82 para 15g.

Respecto a las medias de los tratamientos discriminadas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para pino, podemos observar que el peor tratamiento para DCP fue el T6 para 15g de hidrogel, probablemente porque no contenía ninguna protección frente a la radiación solar y también no poseía hidrogel cargado con ZnO-NP. En este parámetro estudiado se puede observar que el T3 obtuvo una media de 6.25 para 10g a 6.14 para 15g de hidrogel cargado con ZnO-NP destacándose como el mejor tratamiento para esta variable aquí estudiada.

Tabla 7*Análisis de variancia para diámetro del cuello de la planta (DCP) en cm*

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Diámetro del cuello de planta - Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	15.97**	16.71**
GL	5	5
Residuo QM	0.34	0.36
CV (%)	13.68	14.82
DMS	1.14	1.17
	Medias	
T1	3.97b	3.93bc
T2	4.14b	4.14b
T3	6.25a	6.14a
T4	4.42b	3.58bc
T5	3.55b	3.72bc
T6 (testigo)	3.31b	2.88c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.1.4. Efecto en tamaño de raíz

El tamaño de raíz en muchos estudios usualmente es poco estudiado, probablemente debido a que extraer raíces del suelo o del sustrato donde se devolvió se encuentra endurecida o por falta de alguna técnica de extracción. En este estudio la extracción de las raíces de los experimentos fue efectuado por humedecimiento del sustrato, luego lavado en un tamiz milimétrico a fin de no perder raíces.

El parámetro de TR para pino en lo que se refiere al estudio de F fue altamente significativo para 10 g y 15 gramos de hidrogel cargado con ZnO-NP. Los % de CV variaron de 23.36 para 10 g a 30.37 para 15 g de hidrogel ZnO-NP respectivamente, los % de CV fueron altos según (Gomes, 2000). Lo que nos puede indicar que hubo una variabilidad de tamaños de raíces en todos los tratamientos estudiados en la presente pesquisa (Tabla 8).

En esta investigación podemos observar que el tratamiento T6 en pino para la dosis de 10 g y 15 g de hidrogel no obtuvo buen desempeño con medias variando de 12.80 para 10g a 16.20 para 15 g de hidrogel. La mejor media de los tratamientos en este estudio fue el T3 con medias variando de 25.20 para 10 g a 28.60 para 15 g de hidrogel ZnO-NP. Es interesante que la prueba de medias discriminada por Tukey al 5% de probabilidad a los tratamientos los seleccione en buenos y malos, como también en grupos intermedios, lo que puede servir como un criterio a ser tomado en la gestión de viveros forestales en el sentido de que se pueda recomendar que malla Rachell según el % de penetración de luminosidad sería buena e ideal para la producción forestal de especies exóticas o nativas en nuestra región, porque se sabe que la incidencia de luminosidad varía constantemente en el planeta tierra en función de la latitud y altitud. Porque se observa en algunos viveros como el de C.E. Camacani que no se tiene estos criterios y se continúa produciendo plántones forestales de la manera tradicional sin la aplicación de nanotecnologías actuales. La carencia de nanotecnologías puede traer consigo dificultades futuras si se piensa en producción continua y constate para proyectos de reforestación y proyectos ambientales.

Tabla 8

Análisis de variancia para tamaño de raíz en cm (TR)

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Tamaño (cm) de Raíz - pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	4.89**	11.05**
GL	5	5
Residuo QM	21.83	13.45
CV (%)	23.36	30.37
DMS	9.13	7.16



	Medias	
T1	20.40ab	16.30b
T2	16.40ab	14.50b
T3	25.20a	28.60a
T4	23.40a	13.80b
T5	21.80ab	18.60b
T6 (testigo)	12.80b	16.20b

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación.

4.1.5. Efecto en masa de materia fresca de raíz

La masa de materia fresca de raíz (MMFR) contiene importantes informaciones para cada tratamiento en la presente investigación, partiendo desde la premisa de que las raíces mantienen una relación con la parte aérea de las plantas es por ello que es necesario conocer y generar informaciones sobre raíz de pino y Queñua.

Sin embargo, son complejas las relaciones entre estas partes de los vegetales refiriéndome a la parte radicular y la parte aérea, y a la interacción con el suelo puesto que es más que un sustrato para el anclaje de los vegetales y un órgano importante en la adsorción de nutrientes.

En la Tabla 9, se muestra que la interacción entre tratamientos fue altamente significativo, de 5.32 para 10 gramos y 10.25 para 15 gramos de hidrogel ZnO-NP. Con coeficientes de variación variando de 6.36% (15g) a 7.61% para 10 g hidrogel cargado con ZnO-NP. Las medias de este parámetro estudiado MMFR para pino considerando el mejor tratamiento fue el de nivel de luminosidad T3 con medias variando de 219.80 en 15 gramos de hidrogel a 235.20 para 10 gramos de hidrogel ZnO-NP siendo este tratamiento el que se destacó en términos de producción de raíces, los demás tratamientos se encuentran en

segundo y tercer grupo con referencia a producción de MMFR por la prueba de significación estadística (Tukey 5%).

Tabla 9

Análisis de variancia para masa de materia fresca de raíz (MMFR) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa Materia Fresca Raíz (g) - Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	5.32**	10.25**
GL	5	5
Residuo QM	243.75	146.08
CV (%)	7.61	6.36
DMS	30.51	23.62
Medias		
T1	202.20b	181.40bc
T2	191.20b	198.20ab
T3	235.20a	219.80a
T4	192.20b	184.00bc
T5	208.80ab	187.00bc
T6 (testigo)	202.00b	169.40c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.1.6. Efecto en masa de materia seca de raíz

Referente a la masa de materia seca de raíz (MMSR) en pino los tratamientos fueron también con alta significancia estadística variando de 7.11 en 10g a 20.55 para 15 gramos de hidrogel ZnO-NP (Tabla 6), los % de CV variaron de 4.9 en 15 gr a 6.24 los cuales con considerados como bajos según (Gomes, 2000), atribuyendo a la baja variabilidad genética en Pino.

Las medias de prueba estadística de significancia según Tukey al 5%, en este parámetro MMSR.

Tabla 10

Análisis de variancia para masa de materia seca de raíz (MMSR) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa Materia Seca Raíz (g) - Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	7.11**	20.55**
GL	5	5
Residuo QM	127.33	75.25
CV (%)	6.24	4.9
DMS	22.05	16.95
	Medias	
T1	173.00b	169.60bc
T2	179.20b	177.40b
T3	204.80a	200.20a
T4	175.00b	168.20bc
T5	186.40ab	194.60a
T6 (testigo)	166.60b	153.20c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

En la tabla 10, en relación a la masa seca de raíces, se puede notar que se obtuvieron mayores valores bajo sombra ante tratamientos con luminosidad en comparación al testigo (T6). Asimismo, en otras investigaciones se ha demostrado que, en diversas especies leñosas expuestas a plena radiación solar, la existencia de una mayor biomasa radical (Almeida et al., 2005; Ortega et al., 2006).

4.1.7. Efecto en masa de materia fresca de tallo

En la Tabla 11, la interacción entre T (16.18 de 10g a 24.14 en 15g) fue altamente significativos, en este estudio en todas las Tablas se cumple la hipótesis, de que los niveles de luminosidad e hidrogel dopado con ZnO-NP influyen positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas de Pinus, para el estudio de % CV las medias del tratamiento variaron de 8.92 para 13.21 en 15 g de hidrogel dopado con ZnO-NP estos CV son interpretados como siendo bajos.

Tabla 11*Análisis de variancia para masa de materia fresca de tallo (MMFT) en g.*

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa materia fresca tallo (g)	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	16.18**	24.14**
GL	5	5
Residuo QM	387.15	995.66
CV (%)	8.92	13.21
DMS	38.45	61.66
	Medias	
T1	208.80b	216.b
T2	212.00b	206.80bc
T3	289.00a	336.00a
T4	220.60b	303.60a
T5	207.80b	224.60b
T6 (testigo)	185.80b	145.80c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.1.8. Efecto en materia seca de tallo (MMST)

El parámetro MMST se reporta alta significancia con la F estadístico obtenido después del análisis de variancia siendo este de 4.48 para 15 g a 13.38 para 10 g de hidrogel ZnO-NP. Cuando se obtiene alta significancia se sabe que la hipótesis se cumple, siendo que los tratamientos fueron efectivos en el presente estudio. Los % de coeficientes de variación para MMST fueron de 8.41 para 10 g a 16.37 en 15 g de hidrogel y luminosidad de manera general, esto indica que los % de CV (Tabla 12) fueron de bajos a medios según (Gomes, 2000).

Buscando resaltar el mejor tratamiento en lo que respecta a masa de materia seca de tallo (MMST) se llega a los resultados que el tratamiento T3 fue el que se destacó entre todos los tratamientos corroborando con las medias que fluctúan de 209.60 para los 15 gramos de hidrogel ZnO-NP a 239.40 en 10 g de hidrogel y ZnO-NP empleados en la producción de *P. radiata* respectivamente.

Este resultado es alentador en vista que se estaba investigando los efectos de dosis de hidrogel o polímero cargado con nanopartículas de óxido de zinc y niveles diferentes de luminosidad, y se pudo obtener resultados satisfactorios que se pueden publicar y emplear en la gestión de viveros para producción forestal.

Tabla 12

Análisis de variancia para masa de materia seca de tallo (MMST) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa materia seca tallo (g) Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	13.38**	4.48**
GL	5	5
Residuo QM	254.51	737.11
CV (%)	8.41	16.37
DMS	31.17	53.05
	Medias	
T1	186.20b	166.80ab
T2	186.19b	159.20ab
T3	239.40a	209.60a
T4	184.40b	169.00ab
T5	180.39b	161.20ab
T6 (testigo)	161.60b	129.60b

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.1.9. Efecto en masa de materia fresca de hojas (MMFH)

Se rechaza la hipótesis nula en base a la alta significancia estadística (Tabla 13), para Masa de materia fresca de hojas (MMFH) con F variando de 4.73 para 15 gramos a 11.46 para 10 g de hidrogel con ZnO-NP y niveles de luminosidad, entendiéndose que las hojas de modo general crecieron con los tratamientos de luminosidad. Hay un aumento en el área foliar cuando una especie tiene la capacidad adaptativa para compensar la deficiencia de luz causada por el sombreado, lo que resulta en una máxima absorción de la luz incidente.

Sobre lo que concierne a las medias de los tratamientos se resalta al mejor tratamiento en función a los tratamientos empleados, siendo el de mayor relevancia en el parámetro de (MMFH) fue el tratamiento T3 con medias variando de 415.20 empleando 15 g a 416.80 para 10 gramos de hidrogel con ZnO-NP y niveles de luminosidad, el tratamiento control se mantiene con medias bajas, siendo considerada como el peor tratamiento.

Tabla 13

Análisis de variancia para masa de materia fresca de hojas (MMFH) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa materia fresca hojas (g) Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	11.46**	4.73**
GL	5	5
Residuo QM	2194.48	3813.33
CV (%)	14.91	19.00
DMS	91.55	120.76
	Medias	
T1	315.40b	340.80ab
T2	314.20b	314.20ab
T3	416.80a	415.20a
T4	331.20ab	307.40ab
T5	313.20b	343.60ab
T6 (testigo)	194.40c	230.60b

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.1.10. Efecto en masa de materia seca de hojas (MMSH)

Para los datos evaluados por el análisis de variancia de (MMSH) los tratamientos fueron altamente significativos para pino en 10 g de hidrogel y empleando 15 g, esto prueba que ambas dosis tuvieron buen comportamiento de modo general (Tabla 14). Los coeficientes de varianza se encuentran medios según Gomes, (2000). El tratamiento con la mejor media en lo que es (MMSH) fue el tratamiento 3 de luminosidad. Se observa tres grupos distintitos de

comportamiento, siendo el grupo intermedio los tratamientos T2 y T4, el grupo con pésimo desempeño fue el T6 (testigo T6 y el T5). De acuerdo con Valladares et al. (2004), las plantas que exhiben plasticidad pueden manifestarla mediante la producción de hojas más grandes en condiciones de sombra en comparación con las plantas bajo el sol (plasticidad morfológica), así como una mayor inversión en la parte aérea en detrimento de las raíces (plasticidad en la repartición de biomasa).

Tabla 14

Análisis de variancia para masa de materia seca de hojas (MMSH) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa Materia Seca Hojas (g)	
	Pino	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	27.84**	4.75**
GL	5	5
Residuo QM	556.5	1424.01
CV (%)	10.01	15.72
DMS	46.1	73.74
Medias		
T1	221.00bc	232.40ab
T2	255.20b	234.80ab
T3	342.60a	292.00a
T4	226.40b	245.80ab
T5	222.00bc	255.80a
T6 (testigo)	176.80c	179.20b

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2. EFECTO DE DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON ZNO-NP Y NIVELES DE LUMINOSIDAD EN COMPORTAMIENTO EN *Polylepis incana*

4.2.1. Efecto en altura de plantas en cm

Los datos procesados estadísticamente en la Tabla 15, indican que los tratamientos fueron altamente significativos, esto indica que la hipótesis de la luminosidad y del hidrogel empleado en diferentes dosis produjo diferencias en

comparación al tratamiento testigo. Los coeficientes de variación de altura de plantas en cm fueron altos para esta variable (Gomes, 2000), esto indica que altura de plantas fueron diferentes. En ese sentido, el desarrollo de las plantas está directamente afectado por la cantidad de agua, por lo que es fundamental conocer el manejo hídrico ideal para la fase de formación y desarrollo de las plantas en vivero, al igual que para los demás procesos de producción (Novaes et al., 2002).

El tratamiento que mayor destaque tuvo en comportamiento de altura de planta para los niveles de sombra y dosis diferentes de hidrogel comercial, fue el tratamiento 1 (T1), con medias variando de 22.91 dosis de 10 g a 29.59 dosis de 15 g de hidrogel, este tratamiento tiene una malla más tupida que el resto de tratamientos, lo que indica que para ganancias de altura de plantas en condiciones experimentales podría ser bueno usar mallas Rachel de mayor sombreado combinados con 10 o 15 gramos de hidrogel para una alta producción (Tabla 15).

Tabla 15

Análisis de variancia para altura de plantas (AP) en cm.

Fuentes de variación	Medias de los tratamiento	
	Altura de plantas (cm) Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	4.50**	12.59**
GL	5	5
Residuo QM	23.54	17.95
CV (%)	27.18	22.65
DMS	9.48	8.28
	Medias	
T1	22.91a	29.59a
T2	22.67a	22.99ab
T3	18.30ab	18.21bc
T4	16.98ab	16.37bc
T5	15.53ab	14.54c
T6 (testigo)	10.73b	10.56c

Nota: Prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación



4.2.2. Efecto en número de hojas (NH)

En la Tabla 16, se aprecia que la interacción entre tratamientos fue altamente significativa indicando que los resultados frente a los tratamientos empleados en la presente investigación fueron excelentes frente a la producción de hojas en las condiciones que se instaló esta pesquisa.

Los coeficientes de variación de la Tabla 16, para número de hojas indican que fueron de medios a muy altos según (Gomes 2000), variando de 19.94 para 10 gramos a 31.78 para 15 gramos de hidrogel respectivamente, esto indica que el número de hojas fue diferente en cada planta frente a los distintos tratamientos.

La producción de hojas se dio mayor estadísticamente según Tukey al 5% de probabilidad para el tratamiento 1 (T1) que tenía la mayor proporción de sombra miento, lo que puede estar relacionado con los hábitos ecofisiológicos de comportamiento en esta especie forestal. Pudiendo deducirse que no le gusta sol intenso en el crecimiento juvenil. El tratamiento testigo obtuvo la media más baja e inferior frente a los restantes tratamientos.

Se han desarrollado polímeros adicionados con nutrientes y precursores de crecimiento que además de mejorar las relaciones hídricas en el medio de crecimiento radicular, aportan dichos elementos y aumentan la capacidad de intercambio de iones que el medio posee (Hady y tayel, 1981).

Tabla 16*Análisis de variancia para número de hojas (NH)*

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Número de hojas Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	8.82**	5.17**
GL	5	5
Residuo QM	79.08	141.26
CV (%)	19.94	31.78
DMS	17.37	23.22
	Medias	
T1	59.80a	53.80a
T2	53.60ab	45.40a
T3	40.80bc	31.80ab
T4	50.20ab	41.60ab
T5	32.60c	32.40ab
T6 (testigo)	30.60c	19.40b

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2.3. Efecto en diámetro del cuello de la planta

Lo que concierne a F para diámetro del cuello de la planta de Queñua fue altamente significativa 10 y 15 gramos hidrogel y ZnO-NP respectivamente. Sobre los coeficientes de variación variaron de 15.59 a 13.42 siendo estos considerados medios según (Gomes, 2000).

El mejor tratamiento para esta variable de diámetro del cuello de la planta Queñua se destacó el tratamiento T2 con medias variando de 7.14 en 10 g a 9.27 en 15 gramos de hidrogel y ZnO-NP respectivamente, estas medias fueron las mejores frente al demás tratamiento, siendo casi iguales para el tratamiento T1 en 15 g de hidrogel ZnO-NP respectivamente. Posiblemente el diámetro del cuello de la planta sea un parámetro importante a ser considerado y evaluado en programas de producción forestal.

Tabla 17

Análisis de variancia para diámetro del cuello de la planta (DCP) en cm.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Diámetro del cuello de planta Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	5.32**	25.73**
GL	5	5
Residuo QM	0.83	0.82
CV (%)	15.59	13.42
DMS	1.79	1.77
	Medias	
T1	5.06bc	9.33a
T2	7.14a	9.27a
T3	5.72abc	5.33bc
T4	6.54ab	5.79bc
T5	6.18abc	6.43b
T6 (testigo)	4.59c	4.47c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2.4. Efecto en tamaño de raíz

El tamaño de raíz obtuvo una F variando de 3.62 para 15 g, a 12.64 para 10 g de hidrogel ZnO-NP, ambas dosis en función de los tratamientos con diferentes ambientes lumínicos fueron altamente significativos estadísticamente se aceptan las hipótesis, los ambientes lumínicos y las dosis de hidrogel promueven diferencias de tamaño de raíces.

El tratamiento de 10 g de hidrogel y el nivel más tupido de malla Rachell (T1) promovió mayor tamaño de raíz y 15 g de hidrogel combinado con la malla en el tratamiento (T2) también generó mayor tamaño de raíces, esto indica que si existe una interacción ecológica en exigencias de radiación solar.

Tabla 18*Análisis de variancia para tamaño de raíz en cm (TR)*

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Tamaño (cm) de Raíz Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	12.64**	3.62**
GL	5	5
Residuo QM	14.42	25.53
CV (%)	30.21	29.32
DMS	7.42	9.87
	Medias	
T1	23.60a	21.20ab
T2	11.90bc	23.60a
T3	9.32bc	14.10ab
T4	10.30bc	17.10ab
T5	14.20b	14.60ab
T6 (testigo)	6.10c	12.80b

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación.

4.2.5. Efecto en masa de materia fresca de raíz (MMFR)

La MMFR, es un parámetro de extrema importancia ya que revela cierta relación entre parte subterránea y parte aérea de la planta, en el sentido de conocer si la planta en el periodo inicial de crecimiento produce más raíz o más tallos y hojas (parte aérea de la planta). En ese sentido el estudio de F estadístico revela que fue altamente significativo los tratamientos tanto los 6 niveles de luminosidad y las dos dosis de hidrogel cargado con ZnO-NP.

Las medias de los tratamientos en la Tabla 19, la que mejor se destacó fue el tratamiento T1 para ambos niveles usados de hidrogel 10 y 15 gramos ZnO-NP y el tratamiento T2 de 15 g hidrogel ZnO-NP. Se observa también un grupo intermedio y un tercer grupo con bajo desempeño para esta característica evaluada (MMFR) se trata del tratamiento testigo que obtuvo la peor media de los

tratamientos, posiblemente porque no se le dio ninguna protección contra los rayos solares y tampoco uso hidrogel en ninguna dosis.

Tabla 19

Análisis de variancia para masa de materia fresca de raíz (MMFR) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa Materia Fresca Raíz (g) 10 g	15 g
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	15.87**	44.58**
GL	5	5
Residuo QM	1244.61	737.13
CV (%)	14.05	10.78
DMS	68.94	53.06
Medias		
T1	334.40a	344.40a
T2	254.40b	320.60a
T3	254.40b	239.60b
T4	270.20ab	232.00b
T5	253.40b	260.80b
T6 (testigo)	139.60c	114.20c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2.6. Efecto en masa de materia seca de raíz (MMSR).

En este parámetro evaluado MMSR en los que respecta a la F estadística, fue altamente significativa para los tratamientos evaluados cumpliéndose la hipótesis que los hidrogeles hacen diferencia en la producción forestal y la luminosidad juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo de la raíz y de la parte aérea de la planta. Los coeficientes de variación se encuentran entre 11.52 en 15 g a 13.51 para 10 g de hidrogel ZnO-NP respectivamente, siendo estas dos dosis y la luminosidad buenas en la producción de MMSR.

Se observa en la Tabla 20, tres grupos estadísticamente diferentes según la prueba de medias de Tukey al 5% de probabilidad, destacándose el tratamiento T1 con media variando de 309.60 para 10g a 325.20 en 15 gramos de hidrogel

ZnO-NP y niveles de luminosidad. El peor tratamiento fue el T6 tratamiento testigo, este comportamiento estadísticamente fue buena para realizar la diferenciación de los tratamientos y para determinar un % ideal y un nivel ideal en la producción de MMSR y los demás parámetros evaluados en esta investigación.

Tabla 20

Análisis de variancia para masa de materia seca de raíz (MMSR) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos Masa Materia Seca Raíz (g) Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	12.06**	47.07**
GL	5	5
Residuo QM	971.00	699.23
CV (%)	13.51	11.52
DMS	60.89	51.67
	Medias	
T1	309.60a	325.20a
T2	225.00b	301.80a
T3	223.00b	207.80b
T4	234.80b	221.80b
T5	234.20b	225.40b
T6 (testigo)	157.40c	95.40c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2.7. Efecto en masa de materia fresca de tallo (MMST).

En la Tabla 21, la interacción entre T (15.57 de 10g a 7.22 en 15g) fue altamente significativos, en este estudio en todas las Tablas se cumple la hipótesis, de que los niveles de luminosidad e hidrogel dopado con ZnO-NP influyen positivamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas de Queñua, para el estudio de % CV las medias del tratamiento variaron de 12.5 para 15.41 en 15 g de hidrogel dopado con ZnO-NP estos CV son interpretados como siendo bajos.

Tabla 21

Análisis de variancia para masa de materia fresca de tallo (MMFT) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa materia fresca tallo (g)	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	15.57**	7.22**
GL	5	5
Residuo QM	1901.13	2763.76
CV (%)	12.5	15.41
DMS	85.21	102.74
	Medias	
T1	422.40a	415.80a
T2	362.80ab	411.60a
T3	319.20b	316.20ab
T4	377.40ab	338.60ab
T5	401.40ab	313.60ab
T6 (testigo)	209.00c	251.4c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2.8. Efecto en masa de materia seca de tallo (MMST)

En lo referente a la producción de (MMST) para este parámetro el estudio de F para el análisis de variancia ANOVA en conjunto de todo el experimento relacionado a (MMST) se torna interesante en vista que los tallos son órganos fundamentales en la planta, y con mayor razón en especies forestales dado que de él dependerá el soporte de los tallos laterales, de las hojas, y otras estructuras morfológicas de la planta, en ese entender este parámetro estudiado y analizado fue altamente significativo variando de 9.23 a 12.27. Los % de coeficientes de variación variaron de 14.03 para 15 gramos de hidrogel y ZnO-NP a 16.30 para 10 gramos de hidrogel siendo estos considerados medios según (Gomes, 2000).

Con base en los análisis estadísticos se puede diferenciar (Tabla 22) grupos distintos frente a la masa de materia seca de tallo (MMST) respectivamente siendo el que se separa de estos en función de la media que oscilo de 317.60 para 10 g a

360.20 para 15 g de hidrogel y ZnO-NP siendo considerado como el mejor tratamiento en lo que respecta a (MMST).

Es interesante en estos estudios de fitotecnia la producción forestal es por ello que en todos los resultados se muestran los mejores tratamientos en función de la especie forestal y los parámetros evaluados como es el caso de (MMST), se muestra informaciones muy alentadoras frente a ganancias de masa o peso de tallos cuando sometidos a tratamientos como luminosidad e hidrogeles cargados con ZnO-NP frente a tratamientos que no usaron estos productos citados, en ese sentido nos adelantamos a sugerir el uso de hidrogel cargado con ZnO-NP y tratamientos de luminosidad en la producción forestal.

Tabla 22

Análisis de variancia para masa de materia seca de tallo (MMST) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa materia seca tallo (g) Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	9.23**	12.27**
GL	5	5
Residuo QM	1796.36	1590.61
CV (%)	16.30	14.03
DMS	82.20	77.94
	Medias	
T1	317.60a	360.20a
T2	241.60abc	250.60ab
T3	233.80bc	262.80cd
T4	285.00ab	277.20bc
T5	314.80ab	261.40cd
T6 (testigo)	161.20c	193.00d

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2.9. Efecto en masa de materia fresca de hojas (MMFH)

Con base en el (Tabla 23) se presentan los resultados resaltando la existencia de alta significancia estadística corroborada por la prueba F indicando



alto nivel de significancia $P \leq 0,001$ en todos los resultados en esta investigación. Los coeficientes de variación %CV según Gomes, (2000) son medios lo que indica fisiológicamente que el peso de las hojas tiene relaciones con el tamaño de hoja, por tratarse de una especie forestal nativa que aún sus genes no pasaron por programas de mejoramiento genético de la especie, de lo contrario el %CV estaría bajo de 1 a 10. Se observó coloración verde intenso en *Polylepis incana* lo que puede estar relacionado al alto contenido de clorofila. Estos hallazgos corroboraron los de Carvalho et al. (2006), descubrieron niveles más altos de clorofila total en condiciones de menor luminosidad. En esta investigación ocurrió comportamientos similares.

En la Tabla 23, muestra el estudio de análisis de variancia (ANOVA) como en todos los Tablas que se mostraron anteriormente, en esta oportunidad citamos como mejor tratamiento frente al manejo que se le dio a esta investigación al tratamiento T1 con medias variando de 349.00 para 10 g a 351.20 para 15 gramos de hidrogel ZnO-NP y niveles de luminosidad, ya el peor tratamiento fue el control, los demás tratamientos se situaron intermedios, no en tanto podemos ya recomendar el uso de malla Rachell más tupida del mercado para la producción de *Polylepis incana*.

Tabla 2

Análisis de variancia para masa de materia fresca de hojas (MMFH) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa materia fresca hojas (g)	
	Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	15.39**	9.20**
GL	5	5
Residuo QM	1203.35	2161.15
CV (%)	13.87	18.77
DMS	67.79	90.85
Medias		
T1	349.00a	351.20a
T2	256.40b	245.00b
T3	244.20b	237.80bc
T4	257.00b	244.60b
T5	235.60b	255.00b
T6 (testigo)	158.40c	152.80c

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación

4.2.10. Efecto en masa de materia seca de hojas (MMSH)

Referente a (MMSH) en *P. incana* se constata alta significancia para las dos dosis de hidrogel (10g y 15 g respectivamente), lo que indica que existe diversos pesos en de hojas por cada tratamiento, no fueron iguales (Tabla 24).

El tratamiento que se destacó en lo que es producción de hojas en función de las dos dosis de hidrogel comercial, nanopartículas de zinc y luminosidad con sombreado diversificada fue el tratamiento T1 cuando se empleó 10 g de hidrogel ZnO-NP y niveles de luminosidad para el parámetro de (MMSH). También destacamos que se obtuvo buena producción (MMSH) provenientes de hojas de *P. incana* para los siguientes tratamientos T1; T3; T4 y T5 en 15 g hidrogel ZnO-NP y niveles de luminosidad de respectivamente. El tratamiento testigo mantuvo baja producción (MMSH) en las hojas expresado en gramos si se

compara a los tratamientos que si llevaron hidrogel e hidrogel ZnO-, esto indica que los tratamientos fueron eficaces.

Sin embargo, Bustos y Zuñiga (2019) concluyen que la coloración de las mallas raschel negra y blanca no fueron selectivas en su espectro de transmisión y sólo contribuyeron sombra (70 % y 50 %, respectivamente).

Tabla 3

Análisis de variancia para masa de materia seca de hojas (MMSH) en g.

Fuentes de variación	Medias de los tratamientos	
	Masa Materia Seca Hojas (g) Queñua	
Dosis hidrogel	10 g	15 g
F tratamientos	23.42**	6.91**
GL	5	5
Residuo QM	544.68	1746.86
CV (%)	11.02	19.63
DMS	45.61	81.68
	Medias	
T1	293.20a	286.20a
T2	215.00b	208.20ab
T3	207.20b	219.20a
T4	215.80b	213.40a
T5	206.00b	219.00a
T6 (testigo)	134.00c	131.60b

Nota: Elaboración propia, prueba Tukey; ** $P \leq 0,001$; CV: Coeficiente de Variación



V. CONCLUSIONES

- Según los datos analizados durante el periodo de 6 meses, se observó que el tratamiento T3 con 65% de luminosidad en *Pinus radiata*, demostró mejores resultados en todos los parámetros evaluados en comparación de los demás tratamientos.
- Con las dosis de 10 o 15 gramos de hidrogel cargado con ZnO-NP y un nivel de 65% de luminosidad de malla raschel en *Pinus radiata*, se tuvo mejoras en el desarrollo vegetativo durante los seis meses de evaluación.
- El tratamiento T1 con 95% de luminosidad en *Polylepis incana*, destacó en la investigación en todos los parámetros evaluados. Llegándose a concluir que el sombreado es necesario en los primeros meses de crecimiento en comparación al tratamiento T6 (sin luminosidad) que no fueron favorables para el crecimiento y desarrollo de las especies vegetativas en estudio.
- Las dosis de 10 o 15 gramos de hidrogel cargado con ZnO-NP y el T1 con un nivel de 95% de luminosidad de malla raschel en *Polylepis incana*, en los 6 primeros meses de crecimiento mostraron mejores resultados sobre el desarrollo vegetativo en comparación a los demás tratamientos.



VI. RECOMENDACIONES

- Experimentar con nuevos polímeros en la producción vegetal, en el sentido de probar su eficacia en la mejora del desarrollo vegetativo. Es recomendable usar polímeros absorbentes de agua con ZnO-NP y niveles de luminosidad con base científica del alto nivel de significancia estadística en todos los parámetros estudiados en esta investigación. En ese sentido se recomienda usar estos datos en la gestión de viveros forestales en lo que concierne a la producción de especies forestales tanto nativa como *P. incana* y *P. radiata* especie exótica en el primer año de crecimiento vegetal.
- Probamos con esta investigación que, sin uso de hidrogel, ZnO-NP y niveles de luminosidad que es el caso del tratamiento testigo, se constató estadísticamente que hubo poco crecimiento, pésimos indicadores de producción como hojas, tallos, raíces expresadas en gramos y centímetros. La silvicultura en el manejo de viveros para esta etapa de producción debería de modernizarse y no continuar con los itinerarios técnicos ultra pasados en la gestión de viveros. Esta investigación puede contribuir en la primera etapa de producción de plántones forestales, y de esta manera tener un plantel de plántines con buen desarrollo que serían usados en programas de reforestación o preservación y recuperación de áreas degradadas ya sea por la minería o por otras actividades humanas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abobatta, W. (2018). Impacto del polímero de hidrogel en el sector agrícola. Adv. Agrícola. Reinar. Ciencia.,1, 59-64.<https://doi.org/10.30881/aaea.00011>.
- Albalasmeh, A. A., Mohawesh, O., Gharaibeh, M. A., Alghamdi, A. G., Alajlouni, M. A., & Alqudah, A. M. (2022). Effect of hydrogel on corn growth, water use efficiency, and soil properties in a semi-arid region. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 21(8), 518–524. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.03.001>
- Almeida, L., N. Da Maia, A. Ortega y A. Angelo. (2005). Crescimento de mudas de Jacaranda puberula Cham. en viveiro submetidas a diferentes niveis de luminosidade. Ciencia Floresta 15(3): 323-329.
- Álvarez L,A.B; Valerde R.A; Briceño Y.H. (2023). El uso de hidrogel reduce el estrés hídrico y mejora el rendimiento en el cultivo de maíz morado Manglar 20(4): 325-331.
- Bradshaw AD. (1987). Restoration: an acid test for ecology. In Jordan WR, ME Gilpin, JD Aber eds. Restoration Ecology. Cambridge, UK. Cambridge University Press. p. 23-29.
- Carvalho, N., Cl. Pelacani, M. de Souza y I. Crepaldí. (2006). Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (MART.) BECC.) em diferentes níveis de luminosidade. R. Árvore 30(3): 351 – 357.
- Castillo M., I., R. Medina, J.M. Pérez M., y M. Medina. (2005). Efecto de diferentes regímenes de riego en la calidad de planta de *Eucalyptus grandis* cultivada en vivero sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río. Ciencia Tecnología y Medio Ambiente 7(1):1-5.
- Chazdon RL. (2008). Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. Science 320: 1458-1460.
- El Sayed, H.; Kirkwood, R.C.; Graham, N.B. (1991). The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. Journal of Experimental Botany, v. 42, p. 891-899, 1991.



- Elizondo, H. (2021). Hidrogeles híbridos de quitosano y polietilenglicol. *Iberoamericana de Polímeros.*, 22(2), 97-112.
- Fawzy, M. A., y Goma, M. (2020). Use of algal biorefinery waste and waste office paper in the development of xerogels: a low cost and ecofriendly biosorbent for the effective removal of congo red and Fe (II) from aqueous solutions. *J Environ Manag.*, 262, 110380.
- Fonseca, E., S. Valeri, E. Miglioranza, N. Fonseca y L. Couto. (2002). Padrao de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, producidas sobre diferentes períodos de sombreamento. *R. Arvore* 26(4): 515-523.
- Gomes FP. (2000). Curso de estatística experimental. 10 ed. Piracicaba, San Pablo, Brasil. Nobel. 468 p.
- Johnson, M.S; Piper, C.D. (1997). Cross-linked, water-storing polymers as aids to drought tolerance of tomatoes in growing media. *J. Agronomy & Crop Science*, v. 178, p. 23-27.
- Kargar, M., Suresh, R., Legrand, M., Jutras, P., Clark, O. G., & Prasher, S. O. (2017). Reduction in Water Stress for Tree Saplings Using Hydrogels in Soil. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 05(01), 27–39. <https://doi.org/10.4236/gep.2017.51002>
- Köppen W. (1973). *Das geographische System der Klimate*. Berlin. Gebruder Borntraeger. 369 p.
- Krumpfer J.W; Schuster T; Klapper M; Müllen K. Make it nanoKeep it nano. (2013). *Nano Today*. 8, 417-438.
- Landis TD, RK Dumroese, DL Haase. (2010). Seedling processing, storage, and outplanting. Washington DC, USA. Department of Agriculture Forest Service. 200 p.
- Liu, L., Liu, B., Li, X., Wang, Z., Mu, L., Qin, C., Liang, C., Huang, C., & Yao, S. (2023). Mannitol assisted oxalic acid pretreatment of poplar for the deconstruction and separation of hemicellulose. *Ind. Crop. Prod.*, 200, 116811.



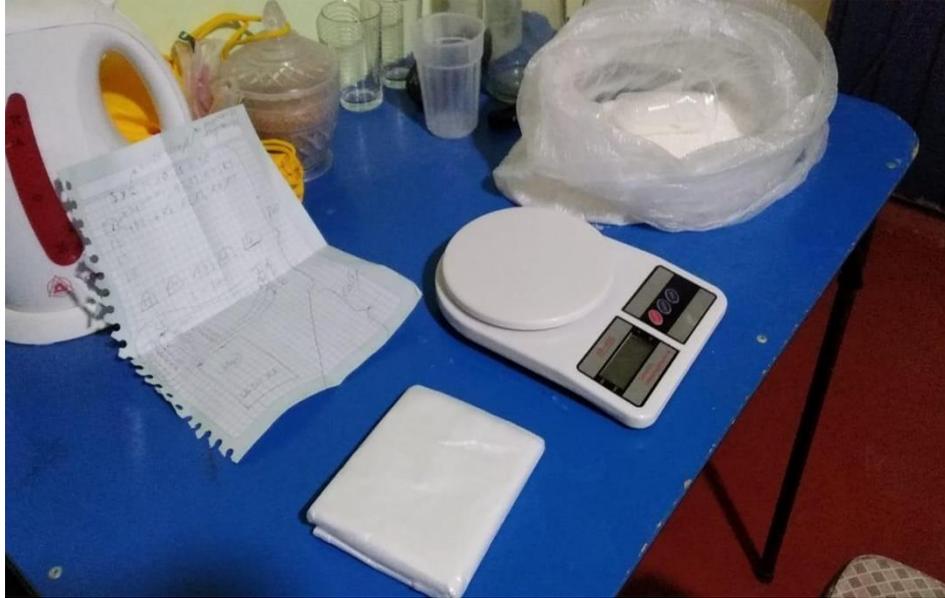
- Lin D. y Xing B. (2007). Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth. *Environ. Pollut.* 150 (2), 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.01.016>.
- Moraes Neto, S., J. Gonçalves, M. Takaki, S. Cenci y J. Gonçalves. (2000). Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. *Revista Arvore* 24(1): 35-45.
- Novaes AB, JGA Carneiro, DG Barroso, PSS Leles. (2002). Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. *Revista Árvore* 26(6): 675-681.
- Nuñez, C.A. (2016). Evaluación de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla L.) con tres niveles de fertilizante foliar (vigor top) en ambiente protegido. Tesis de Grado. UMSA. La Paz, Bolivia. Consultado el 26/08/2017; 7:44 pm. Disponible en web: www.pjfgh.net
- Ortega, A., L. de Almeida, N. da Maia, A. Ângelo. (2006). Avaliação do crescimento de mudas de *Psidium cattleianum* Sabine a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. *Cerne* 12(3): 300- 308.
- Oladosu, Y.; Rafii, M. Y.; Arolu, F.; Chukwu, S. C.; Salisu, M. A.; Fagbohun, I. K.; Muftaudeen, T.K.; Swaray, S.; Haliru, B. S. (2022). Superabsorbent Polymer Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Review. *Horticulturae*. 8, 605.
- Paluszek, J.; Zembrowski, W. (2008). Improvement of Water-Air Properties of Eroded Soils in a Loess Landscape after the Application of Agrohydrogel. *Ann. Wars. Univ. Life Sci.- SGGW. Land Reclam.* 39.
- Perez Vega, J. C. (2019). Efecto de dos dosis de hidrogel en la sobrevivencia y desarrollo del pino (*pinus radiata*) plantados en épocas de baja precipitación- región Anchash. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/11980>
- Rego, G. y E. Possamai. (2006). Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá - rosa. *Bol. Pesq. Fl.* 53: 179- 194.
- Scalon, S., R. Mussury, A. Gomez, K. Silva, F. Wathier y H. Filho. (2006). Germinacao e crescimento inicial de mudas de orelha-de-macaco (*Enterolobium*



- contortisiliquinn (Vell.) Morong.) efeito de tratamentos quimicos e luminosidade. R. Árvore 30(4): 529 - 536.
- Silva, F.A.; Azevedo, C.A.V. (2006). A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In Proceedings of the Computers in agriculture and natural resources, proceedings of 4th World Congress Conference; Orlando, Florida, July 24; pp.
- Soares, S.R., Patriota, F.A., Marangon, L., Galvao, S.F., José, F.F., Barros, A.L., Schossler, R. T., Fortes, S. A. (2017). Soil fertility as a predictor of geospatial distribution of forest species in natural regeneration in Brazil. Journal of Experimental Agriculture International. 19: 01-18. DOI: 10.9734/JEAI/2017/38652. Disponible en: <https://www.journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/1025>
- Valladares, F., I. Aranda y D. Sánchez. (2004). La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua. In: F. Valladares (ed.). Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF. Madrid. pp. 335-369.
- Yang, W., Guo, S., Li, P., Song, R., & Yu, J. (2019). Antitranspirante foliar y supe r- El hidrogel absorbente afecta el intercambio de gases fotosintéticos y la eficiencia del uso del agua del maíz cultivado en condiciones de escasez de precipitaciones. J. Ciencias. Agricultura alimentaria, 99, 350–359. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9195>.

ANEXOS

ANEXO 1. Pesado de hidrogel comercial en las cantidades de 10g y 15g respectivamente.



ANEXO 2. Preparación del Suelo de Camacani, cernido en malla de 0.5 cm para uso en los experimentos.



ANEXO 3. Estructuras construidas de acero recubiertas con los 5 niveles diferentes de sombra o luminosidad.



ANEXO 4. Trabajos realizados en laboratorio de Pastos y Forrajes de la UNA Puno



ANEXO 5. *Pinus radiata* y *Polylepis incana* con 10 g de hidrogel



ANEXO 6. *Pinus radiata* y *Polylepis incana* con 15 g de hidrogel



ANEXO 7. *Pinus radiata* y *Polylepis incana* con 0 g de hidrogel



ANEXO 8. Hidrogel cargado con agua durante 24 horas y codificación de datos de muestras recogidas en campo.



ANEXO 9. Registro de altura planta para Pino con 10 y 15 gramos. de hidrogel.

Altura de planta de Pino con 10 y 15 g. de hidrogel							
T1 95%	PINO 10 g	R1	20.39		PINO 15 g	R1	21.91
		R2	26.11			R2	25.76
		R3	25.39			R3	23.87
		R4	20.54			R4	24.20
		R5	26.22			R5	23.33
23.73				23.81			
T2 80%	PINO 10 g	R1	17.20		PINO 15 g	R1	20.80
		R2	27.04			R2	21.89
		R3	24.39			R3	18.54
		R4	19.80			R4	20.00
		R5	17.76			R5	19.57
21.24				20.16			
T3 65%	PINO 10 g	R1	20.74		PINO 15 g	R1	28.72
		R2	28.20			R2	33.98
		R3	24.98			R3	30.56
		R4	30.69			R4	30.81
		R5	34.22			R5	28.44
27.77				30.50			
T4 50%	PINO 10 g	R1	22.39		PINO 15 g	R1	20.30
		R2	18.87			R2	19.11
		R3	22.66			R3	20.04
		R4	18.39			R4	19.17
		R5	18.93			R5	20.56
20.25				19.83			
T5 35%	PINO 10 g	R1	15.20		PINO 15 g	R1	20.46
		R2	11.98			R2	12.91
		R3	16.08			R3	19.74
		R4	20.70			R4	18.94
		R5	16.91			R5	18.52
16.17				18.11			
T6 0%	PINO 0 g	R1	15.89		PINO 15 g	R6	17.26
		R2	14.44			R7	19.30
		R3	16.25			R8	15.78
		R4	16.06			R9	15.15
		R5	14.39			R10	17.19
15.41				16.93			



ANEXO 10. Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH, para Pino con 10 gramos de hidrogel.

	10 g	10 g	10 g	10 g	10 g RAIZ	10 g RAIZ	10 g TALLO	10 g TALLO	10 g HOJA	10 g HOJA
PINO	NRO HOJAS PINO	NRO RAMAS	DCP	TR	MMFR	MMSR	MMFT	MMST	MMFH	MMSH
T1 95%	83	8	4.61	18	300	178	238	201	376	250
	72	0	3.60	19	220	171	204	180	297	213
	72	0	4.32	26	199	179	218	190	366	234
	50	0	3.96	24	186	174	200	188	298	216
	57	1	3.39	15	176	163	184	172	240	192
T2 80%	46	3	4.2	18	188	173	203	179	308	214
	106	3	5.0	15	203	201	255	205	342	260
	84	1	3.95	14	200	182	211	188	347	226
	63	0	3.92	26	185	172	207	181	326	219
	64	3	3.66	9	180	168	184	178	248	207
T3 65%	47	6	4.67	11	198	181	218	188	355	237
	80	4	6.55	12	259	216	301	222	498	281
	68	0	4.02	21	179	168	239	197	372	237
	51	3	4.59	16	211	187	248	198	376	237
	35	0	3.42	21	185	173	195	178	302	216
T4 50%	81	4	4.94	27	209	185	243	194	384	242
	58	4	4.43	19	184	166	209	176	338	221
	53	27	4.49	29	202	183	233	191	410	245
	58	3	4.28	22	183	170	211	180	305	209
	56	0	3.97	20	183	171	207	181	319	215
T5 35%	32	7	3.21	18	201	178	203	183	285	217
	35	0	2.97	14	184	165	183	165	215	179
	53	2	3.35	23	223	196	211	182	325	222
	43	7	3.97	24	213	195	226	189	358	240
	38	22	4.29	30	223	198	216	183	383	252
T6 0%	7	9	3.69	19	203	187	181	183	165	171
	17	13	4.07	20	204	184	178	170	294	221
	29	5	3.41	17	203	176	187	175	286	221
	44	19	3.97	12	191	179	195	182	317	231
	34	18	3.42	18	209	186	188	174	297	229

ANEXO 11. Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH para Pino con 15 gramos de hidrogel.

		15 g	15 g	15 g	15 g	15 g RAIZ	15 g RAIZ	15 g TALLO	15 g TALLO	15 g HOJA	15 g HOJA
PINO		NRO HOJAS PINO	NRO RAMAS	DCP	TR	MMFR	MMSR	MMFT	MMST	MMFH	MMSH
T1 95%	PINO 15 g	62	1	4.34	18	183	172	209	184	320	218
		40	0	3.23	23.5	181	169	179	167	251	192
		68	0	4.32	11	182	170	250	201	421	247
		64	2	3.79	14	181	171	223	193	347	234
		81	1	3.99	15	180	166	219	186	365	234
T2 80%	PINO 15 g	37	1	3.76	20	176	168	196	179	274	203
		49	0	3.23	15	178	169	189	176	266	202
		67	0	5.42	14.5	185	174	235	197	376	245
		62	5	4.21	10	186	175	204	183	321	221
		59	0	4.1	13	184	172	210	185	318	221
T3 65%	PINO 15 g	53	2	3.43	18	208	187	252	189	361	236
		56	8	4.05	15	192	176	387	192	329	227
		87	4	4.82	8	220	192	269	227	489	287
		55	4	3.17	13	196	180	290	182	305	218
		51	8	4.23	13	203	183	383	198	424	259
T4 50%	PINO 15 g	50	2	3.18	12	169	161	343	180	283	204
		35	1	3.77	16	163	162	449	169	287	206
		60	0	3.79	15	183	168	315	183	313	213
		64	1	4.29	9	183	175	335	199	408	247
		30	4	2.88	17	171	166	251	114	246	193
T5 35%	PINO 15 g	62	2	4.26	26	222	207	233	200	325	233
		67	8	3.44	26	203	184	198	180	315	221
		58	5	3.73	20	220	205	248	205	414	264
		48	4	3.73	29	201	188	238	194	329	233
		68	3	3.50	16	206	189	206	184	335	230
T6 0%	PINO 0 g	28	19	4.23	10	208	181	202	180	348	249
		11	8	4.02	19	201	185	201	180	192	173
		15	6	3.12	30	194	179	200	180	220	189
		44	10	4.69	26	209	184	196	179	314	228
		49	17	4.35	19	218	195	202	183	384	261

ANEXO 12. Registro de AP para Queñua con 10 gramos y 15 gramos. de hidrogel.

Altura de planta de Queñua con 10 y 15 g. de hidrogel							
T1 95%	QUEÑUA 10g	R1	11.87		QUEÑUA 15g	R1	25.74
		R2	27.56			R2	29.57
		R3	30.56			R3	31.09
		R4	23.89			R4	31.81
		R5	20.67			R5	29.72
22.91				29.59			
T2 80%	QUEÑUA 10g	R1	25.22		QUEÑUA 15g	R1	22.33
		R2	30.98			R2	25.83
		R3	22.02			R3	25.69
		R4	11.41			R4	20.74
		R5	23.72			R5	20.31
22.67				22.98			
T3 65%	QUEÑUA 10g	R1	17.74		QUEÑUA 15g	R1	20.59
		R2	17.46			R2	21.57
		R3	16.83			R3	19.48
		R4	20.02			R4	15.33
		R5	19.48			R5	14.11
18.31				18.22			
T4 50%	QUEÑUA 10g	R1	18.67		QUEÑUA 15g	R1	22.80
		R2	14.02			R2	15.44
		R3	17.04			R3	15.41
		R4	13.01			R4	13.74
		R5	22.13			R5	14.46
16.97				16.37			
T5 35%	QUEÑUA 10g	R1	11.76		QUEÑUA 15g	R1	28.89
		R2	13.72			R2	12.33
		R3	14.33			R3	8.50
		R4	16.74			R4	10.15
		R5	21.13			R5	11.85
15.54				14.34			
T6 0%	QUEÑUA 0g	R1	8.52		QUEÑUA 0g	R6	10.39
		R2	6.98			R7	11.81
		R3	10.28			R8	12.22
		R4	13.56			R9	10.81
		R5	14.31			R10	7.59
10.73				10.57			

ANEXO 13. Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH, para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

	10 g	10 g	10 g	10 g	10 g RAIZ	10 g RAIZ	10 g TALLO	10 g TALLO	10 g HOJA	10 g HOJA
	NRO HOJAS QUENUA	NRO RAMAS	DCP	TR	MMFR	MMSR	MMFT	MMST	MMFH	MMSH
T1 95%	35	5	4.05	22.5	212	193	250	217	227	203
	65	19	5.25	21	246	223	291	248	273	227
	34	6	6.60	23	267	231	415	308	235	204
	57	11	5.14	25.5	241	218	352	270	267	219
	43	6	4.28	26	206	183	304	245	243	213
T2 80%	46	7	8.34	14	271	233	437	325	252	215
	106	6	6.33	14	269	237	416	309	278	231
	84	6	6.41	12	259	231	385	292	267	222
	63	4	6.75	9.5	221	198	311	237	229	195
	64	7	7.90	10	252	226	465	345	256	212
T3 65%	38	11	5.36	8	214	192	292	240	216	190
	46	11	4.84	9	265	231	344	277	289	233
	32	5	5.68	7.5	269	234	432	320	248	208
	40	7	7.23	7.5	277	237	408	315	247	211
	48	7	5.51	8	247	221	420	317	221	194
T4 50%	33	14	6.76	9.5	261	231	392	305	225	194
	42	11	6.55	7.5	281	236	347	271	239	200
	69	11	6.97	11.5	238	210	437	331	260	217
	65	17	7.11	10	320	274	521	411	294	245
	42	7	5.34	9	251	223	390	307	267	223
T5 35%	20	11	6.06	10	265	235	512	426	198	184
	36	7	6.06	28.5	245	220	408	335	228	219
	19	6	4.91	12.5	264	245	370	298	208	197
	40	10	5.65	10	222	213	335	290	262	224
	31	10	8.20	9	271	258	482	409	282	206
T6 0%	34	7	6.45	46.5	346	297	442	337	311	268
	70	10	6.94	29	304	269	516	398	259	257
	30	8	6.14	9	264	235	432	348	237	210
	35	5	7.48	13.5	264	239	358	295	250	223
	27	4	4.98	10.5	216	147	297	258	235	212

ANEXO 14. Registro de NH, NR, DCP, TR, MMFR, MMSR, MMFT, MMST, MMFH, MMSH, para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

		15 g.	15 g.	15 g.	15 g.	15 g. RAIZ	15 g. RAIZ	15 g. TALLO	15 g. TALLO	15 g.	15 GR HOJA
QUEÑUA		NRO HOJAS QUEÑUA	NRO RAMAS	DCP	TR	MMFR	MMSR	MMFT	MMST	MMFH	MMSH
T1 95%	QUEÑUA 15g	50	5	4.83	22	237	213	293	235	263	224
		51	4	5.51	20	216	202	279	234	293	245
		77	6	10.05	14	254	233	339	278	247	217
		28	5	5.66	14	218	201	286	247	203	184
		63	5	7.64	19	247	226	376	311	316	261
T2 80%	QUEÑUA 15g	31	3	7.66	20	219	197	310	244	228	197
		38	3	7.37	13	226	208	388	289	255	210
		62	10	4.05	11.5	222	203	299	239	271	219
		39	6	5.5	13.5	197	185	272	234	210	186
		77	11	4.77	8	239	216	289	247	261	229
T3 65%	QUEÑUA 15g	30	5	5.23	14	237	154	252	220	250	219
		39	8	5.71	10	217	219	387	326	222	202
		33	7	4.30	27	215	192	269	229	213	189
		25	5	4.65	10.5	240	219	290	239	254	218
		32	8	6.77	9	289	255	383	300	250	268
T4 50%	QUEÑUA 15g	37	8	5.36	9	231	209	343	275	239	209
		52	12	7.11	19	214	255	449	360	247	216
		44	11	5.61	22.5	257	229	315	261	246	216
		52	8	6.14	26	262	233	335	269	313	255
		23	8	4.75	9	196	183	251	221	178	168
T5 35%	QUEÑUA 15g	49	10	6.61	13	314	261	519	384	322	288
		38	7	6.56	15	253	234	374	309	258	213
		30	9	6.26	8	237	212	286	249	237	205
		20	5	5.52	10	233	196	271	235	232	192
		25	9	7.20	23	267	224	418	330	226	197
T6 0%	QUEÑUA 0g	36	5	7.46	41	358	307	564	413	306	262
		46	7	6.04	33	283	252	406	318	346	286
		53	7	7.72	29	349	304	416	316	255	221
		29	11	5.50	21	246	228	368	306	268	233
		42	7	6.64	13	305	272	458	368	291	257



ANEXO 15. Análisis estadístico de AP para Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

Experimento: pino 10 gramos hidrogel con 6 tratamientos

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	540.46138	108.09228	9.3335 **
Resíduo	24	277.94592	11.58108	
Total	29	818.40730		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	9.3335	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	23.73000	ab
2	21.23800	abc
3	27.76600	a
4	20.24800	bc
5	16.17400	c
6	15.40600	c

dms = 6.65076

MG = 20.76033 CV% = 16.39

Ponto médio = 23.10000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95782	0.27217	Sim

DADOS

20.39	26.11	25.39	20.54	26.22
17.20	27.04	24.39	19.80	17.76
20.74	28.20	24.98	30.69	34.22
22.39	18.87	22.66	18.39	18.93
15.20	11.98	16.08	20.70	16.91
15.89	14.44	16.25	16.06	14.39



ANEXO 16. Análisis estadístico de AP para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	616.14174	123.22835	36.0962 **
Resíduo	24	81.93336	3.41389	
Total	29	698.07510		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	36.0962	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	23.81400	b
2	20.16000	c
3	30.50200	a
4	19.83600	c
5	18.11400	c
6	16.93600	c

dms = 3.61095

MG = 21.56033

CV% = 8.57

Ponto médio = 23.44500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92180	0.02988	Não

DADOS

21.91	25.76	23.87	24.20	23.33
20.80	21.89	18.54	20.00	19.57
28.72	33.98	30.56	30.81	28.44
20.30	19.11	20.04	19.17	20.56
20.46	12.91	19.74	18.94	18.52
17.26	19.30	15.78	15.15	17.19



ANEXO 17. Análisis estadístico de AP para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

Experimento: quenua 10 gramos hidrogel con 6 tratamientos y 5 repeticiones

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	529.31003	105.86201	4.4967 **
Resíduo	24	565.00892	23.54204	
Total	29	1094.31895		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	4.4967	0.0049

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	22.91000 a
2	22.67000 a
3	18.30800 ab
4	16.97400 ab
5	15.53600 ab
6	10.73000 b

dms = 9.48240

MG = 17.85467 CV% = 27.18
Ponto médio = 18.98000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.97406	0.65502	Sim

DADOS

11.87	27.56	30.56	23.89	20.67
25.22	30.98	22.02	11.41	23.72
17.74	17.46	16.84	20.02	19.48
18.67	14.02	17.04	13.01	22.13
11.76	13.72	14.33	16.74	21.13
8.52	6.98	10.28	13.56	14.31



ANEXO 18. Análisis estadístico AP para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

Experimento: quenua 15 gramos hidrogel con 6 tratamientos y 5 repeticiones

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	1129.76392	225.95278	12.5812 **
Resíduo	24	431.02788	17.95949	
Total	29	1560.79180		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	12.5812	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	29.58600 a
2	22.98000 ab
3	18.21600 bc
4	16.37000 bc
5	14.54400 c
6	10.56400 c

dms = 8.28216

MG = 18.71000 CV% = 22.65

Ponto médio = 19.70000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.93659	0.07363	Sim

DADOS

25.74	29.57	31.09	31.81	29.72
22.33	25.83	25.69	20.74	20.31
20.59	21.57	19.48	15.33	14.11
22.80	15.44	15.41	13.74	14.46
28.89	13.33	8.50	10.15	11.85
10.39	11.81	12.22	10.81	7.59



ANEXO 19. Análisis estadístico de NH para Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Pino 10 gramos / número de hojas
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	12911.36667	2582.27333	13.0484 **
Resíduo	24	4749.60000	197.90000	
Total	29	17660.96667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	13.0484	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	67.00000	abc
2	72.60000	ab
3	89.00000	a
4	61.20000	bc
5	40.20000	cd
6	26.20000	d

dms = 27.49282

MG = 59.36667 CV% = 23.70
Ponto médio = 56.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98471	0.93222	Sim

DADOS

83	72	73	50	57
46	106	84	63	64
80	80	97	90	98
81	58	53	58	56
32	35	53	43	38
7	17	29	44	34



ANEXO 20. Análisis estadístico para TR de Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

Pino 10 gramos tamaño de raíz

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	534.00000	106.80000	4.8916 **
Resíduo	24	524.00000	21.83333	
Total	29	1058.00000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	4.8916	0.0031

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	20.40000 ab
2	16.40000 ab
3	25.20000 a
4	23.40000 a
5	21.80000 ab
6	12.80000 b

dms = 9.13180

MG = 20.00000 CV% = 23.36

Ponto médio = 19.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95830	0.28016	Sim

DADOS

18 19 26 24 15
18 15 14 26 9
28 22 21 29 26
27 19 29 22 20
18 14 23 24 30
15 11 13 12 13



ANEXO 21. Análisis estadístico de MMFR para Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Pino MMFR 10 Gramos raíz
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	6485.86667	1297.17333	5.3217 **
Resíduo	24	5850.00000	243.75000	
Total	29	12335.86667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	5.3217	0.0019

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	202.20000	b
2	191.20000	b
3	235.20000	a
4	192.20000	b
5	208.80000	ab
6	202.00000	b

dms = 30.51186

MG = 205.26667 CV% = 7.61
Ponto médio = 217.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.93662	0.07380	Sim

DADOS

230 220 199 186 176
188 203 200 185 180
220 259 240 211 246
209 184 202 183 183
201 184 223 213 223
203 204 203 191 209



ANEXO 22. Análisis estadístico de MMSR para Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 10 GR RAIZ MMSR
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	4530.16667	906.03333	7.1154 **
Resíduo	24	3056.00000	127.33333	
Total	29	7586.16667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	7.1154	0.0002

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	173.00000	b
2	179.20000	b
3	204.80000	a
4	175.00000	b
5	186.40000	ab
6	166.60000	b

dms = 22.05299

MG = 180.83333 CV% = 6.24
Ponto médio = 188.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística) Valor p-valor Normal
Shapiro-Wilk (W) 0.91851 0.02455 Não

DADOS

178 171 179 174 163
173 201 182 172 168
191 216 219 187 211
185 166 183 170 171
178 165 196 195 198
174 170 158 160 171



ANEXO 23. Análisis estadístico de MMFT para pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 10 GR TALLO MMFT

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	31333.06667	6266.61333	16.1865 **
Resíduo	24	9291.60000	387.15000	
Total	29	40624.66667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
 ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	16.1865	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	208.80000	b
2	212.00000	b
3	289.00000	a
4	220.60000	b
5	207.80000	b
6	185.80000	b

dms = 38.45351

MG = 220.66667 CV% = 8.92
 Ponto médio = 247.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.86514	0.00131	Não

DADOS

238	204	218	200	184
203	255	211	207	184
289	301	290	248	317
243	209	233	211	207
203	183	211	226	216
181	178	187	195	188



ANEXO 24. Análisis estadístico de MMST para Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

PINO 10 GR TALLO MMST

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	16993.90000	3398.78000	13.3539 **
Resíduo	24	6108.40000	254.51667	
Total	29	23102.30000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	13.3539	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	186.20000	b
2	186.20000	b
3	239.40000	a
4	184.40000	b
5	180.40000	b
6	161.60000	b

dms = 31.17845

MG = 189.70000 CV% = 8.41
Ponto médio = 213.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.85091	0.00065	Não

DADOS

201 180 190 188 172
179 205 188 181 178
220 222 250 218 287
194 176 191 180 181
183 165 182 189 183
139 170 175 150 174



ANEXO 25. Análisis estadístico de MMFH para Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 10 GR HOJAS MMFH

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	125851.20000	25170.24000	11.4698 **
Resíduo	24	52667.60000	2194.48333	
Total	29	178518.80000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	11.4698	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	315.40000	b
2	314.20000	b
3	416.80000	a
4	331.20000	ab
5	313.20000	b
6	194.40000	c

dms = 91.55089

MG = 314.20000 CV% = 14.91

Ponto médio = 331.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.97079	0.56095	Sim

DADOS

376	297	366	298	240
308	342	347	326	248
400	498	423	386	377
384	338	310	305	319
285	215	325	358	383
165	170	200	215	222



ANEXO 26. Análisis estadístico de MMSH para Pino con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 10 GR HOJAS MMSH

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	77486.66667	15497.33333	27.8479 **
Resíduo	24	13356.00000	556.50000	
Total	29	90842.66667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	27.8479	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	221.00000	bc
2	225.20000	b
3	342.60000	a
4	226.40000	b
5	222.00000	bc
6	176.80000	c

dms = 46.10298

MG = 235.66667 CV% = 10.01
Ponto médio = 261.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.89017	0.00487	Não

DADOS

250	213	234	216	192
214	260	226	219	207
347	381	337	332	316
242	221	245	209	215
217	179	222	240	252
142	151	189	198	204



ANEXO 27. Análisis estadístico de NH para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR NUMERO DE HOJAS NH

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	9365.50000	1873.10000	11.6077 **
Resíduo	24	3872.80000	161.36667	
Total	29	13238.30000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	11.6077	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	63.00000	b
2	54.80000	b
3	88.20000	a
4	47.80000	bc
5	60.60000	b
6	29.40000	c

dms = 24.82581

MG = 57.30000 CV% = 22.17

Ponto médio = 53.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.97216	0.59995	Sim

DADOS

62	40	68	64	81
37	49	67	62	59
80	89	87	90	95
50	35	60	64	30
62	67	58	48	68
28	11	15	44	49



ANEXO 28. Análisis estadístico de DCP para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR DIÁMETRO DEL CUELLO DE LA PLANTA DCP

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	30.37654	6.07531	16.7144 **
Resíduo	24	8.72348	0.36348	
Total	29	39.10002		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	16.7144	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	3.93400	bc
2	4.14400	b
3	6.14000	a
4	3.58200	bc
5	3.72800	bc
6	2.88200	c

dms = 1.17825

MG = 4.06833

CV% = 14.82

Ponto médio = 4.22500

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92513	0.03651	Não

DADOS

4.34	3.23	4.32	3.79	3.99
3.76	3.23	5.42	4.21	4.10
6.43	6.05	5.82	6.17	6.23
3.18	3.77	3.79	4.29	2.88
4.26	3.44	3.73	3.71	3.50
2.23	2.02	3.12	2.69	4.35



ANEXO 29. Análisis estadístico de TR para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR TAMAÑO DE RAÍZ

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	743.70000	148.74000	11.0587 **
Resíduo	24	322.80000	13.45000	
Total	29	1066.50000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	11.0587	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	16.30000	b
2	14.50000	b
3	28.60000	a
4	13.80000	b
5	18.60000	b
6	16.20000	b

dms = 7.16733

MG = 18.00000 CV% = 20.37
Ponto médio = 21.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística) Valor p-valor Normal
Shapiro-Wilk (W) 0.94287 0.10870 Sim

DADOS

18.0 23.5 11.0 14.0 15.0
20.0 15.0 14.5 10.0 13.0
29.0 25.0 30.0 26.0 33.0
12.0 16.0 15.0 9.0 17.0
20.0 20.0 19.0 18.0 16.0
10.0 16.0 14.0 22.0 19.0



ANEXO 30. Análisis estadístico de MMFR para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR MMFR MASA DE MATERIA FRESCA DE RAÍZ

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	7492.96667	1498.59333	10.2585 **
Resíduo	24	3506.00000	146.08333	
Total	29	10998.96667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 = p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	10.2585	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	181.40000	bc
2	198.20000	ab
3	219.80000	a
4	184.00000	bc
5	187.00000	bc
6	169.40000	c

dms = 23.62092

MG = 189.96667 CV% = 6.36
Ponto médio = 195.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.93655	0.07344	Sim

DADOS

183 181 182 181 180
190 200 185 186 230
217 210 220 230 222
190 193 183 183 171
201 194 173 164 203
170 185 162 161 169



ANEXO 31. Análisis estadístico de MMSR para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR MMSR MASA DE MATERIA SECA DE RAÍZ

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	7732.80000	1546.56000	20.5523 **
Resíduo	24	1806.00000	75.25000	
Total	29	9538.80000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	20.5523	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	169.60000	bc
2	177.40000	b
3	200.20000	a
4	168.20000	bc
5	194.60000	a
6	153.20000	c

dms = 16.95312

MG = 177.20000 CV% = 4.90

Ponto médio = 181.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.96485	0.40935	Sim

DADOS

172	169	170	171	166
176	178	174	175	184
190	183	206	221	201
169	163	168	175	166
207	184	205	188	189
162	163	150	149	142



ANEXO 33. Análisis estadístico de MMST para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR MASA MATERIA SECA TALLO MMST

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	16523.90000	3304.78000	4.4834 **
Resíduo	24	17690.80000	737.11667	
Total	29	34214.70000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	4.4834	0.005

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	166.80000	ab
2	159.20000	ab
3	209.60000	a
4	169.00000	ab
5	161.20000	ab
6	129.60000	b

dms = 53.05967

MG = 165.90000 CV% = 16.37
Ponto médio = 164.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística) Valor p-valor Normal
Shapiro-Wilk (W) 0.96586 0.43302 Sim

DADOS

184 167 175 146 162
166 176 135 152 167
210 240 227 182 189
180 169 183 199 114
191 175 183 145 112
137 88 98 164 161



ANEXO 34. Análisis estadístico de MMFH para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR MASA MATERIA FRESCA DE HOJA MMFH

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	90344.30000	18068.86000	4.7321 **
Resíduo	24	91640.00000	3818.33333	
Total	29	181984.30000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	4.7321	0.0037

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	340.80000	ab
2	314.20000	ab
3	415.20000	a
4	307.40000	ab
5	343.60000	ab
6	230.60000	b

dms = 120.76280

MG = 325.30000 CV% = 19.00

Ponto médio = 302.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.96314	0.37174	Sim

DADOS

320	251	421	347	365
274	266	392	321	318
420	329	489	414	424
283	287	313	408	246
325	315	414	329	335
180	115	220	314	324



ANEXO 35. Análisis estadístico de MMSH para Pino con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
PINO 15 GR MASA MATERIA SECA DE HOJA MMSH
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	5	33843.60000	6768.72000	4.7533	**
Resíduo	24	34176.40000	1424.01667		
Total	29	68020.00000			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	4.7533	0.0036

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	232.40000	ab
2	234.80000	ab
3	292.00000	a
4	245.80000	ab
5	255.80000	a
6	179.20000	b

dms = 73.74863

MG = 240.00000 CV% = 15.72
Ponto médio = 256.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95343	0.20874	Sim

DADOS

218	192	247	234	271
203	202	341	221	207
336	227	287	351	259
204	245	280	247	253
233	281	264	233	268
161	173	189	194	179



ANEXO 36. Análisis estadístico de NH para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Queñua 10 GR NÚMERO DE HOJAS NH

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	3489.20000	697.84000	8.8241 **
Resíduo	24	1898.00000	79.08333	
Total	29	5387.20000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	8.8241	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	59.80000 a
2	53.60000 ab
3	40.80000 bc
4	50.20000 ab
5	32.60000 c
6	30.60000 c

dms = 17.37956

MG = 44.60000 CV% = 19.94

Ponto médio = 44.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.96170	0.34221	Sim

DADOS

70	65	54	57	53
46	56	49	53	64
38	46	32	40	48
33	42	69	65	42
37	36	19	40	31
29	36	30	31	27



ANEXO 37. Análisis estadístico de NR para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
NUMERO DE RAMAS QUENUA 10 GRAMOS
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	111.86667	22.37333	1.9917 ns
Resíduo	24	269.60000	11.23333	
Total	29	381.46667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	2.6207	1.9917	0.1163

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	9.40000 a
2	6.00000 a
3	8.20000 a
4	12.00000 a
5	8.80000 a
6	6.80000 a

dms = 6.55014

MG = 8.53333 CV% = 39.28

Ponto médio = 11.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística) Valor p-valor Normal
Shapiro-Wilk (W) 0.87533 0.00221 Não

DADOS

5 19 6 11 6
7 6 6 4 7
11 11 5 7 7
14 11 11 17 7
11 7 6 10 10
7 10 8 5 4



ANEXO 38. Análisis estadístico de DCP para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Diámetro del cuello de la planta para 10 gramos de hidrogel
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	22.35583	4.47117	5.3297 **
Resíduo	24	20.13404	0.83892	
Total	29	42.48987		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	5.3297	0.0019

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	5.06400	bc
2	7.14600	a
3	5.72400	abc
4	6.54600	ab
5	6.18200	abc
6	4.59800	c

dms = 1.79001

MG = 5.87667 CV% = 15.59
Ponto médio = 6.16000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.96765	0.47709	Sim

DADOS

4.05	5.25	6.60	5.14	4.28
8.34	6.33	6.41	6.75	7.90
5.36	4.84	5.68	7.23	5.51
6.76	6.55	6.97	7.11	5.34
6.06	6.09	4.91	5.65	8.20
4.45	4.94	4.14	5.48	3.98



ANEXO 39. Análisis estadístico de TR para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
TAMAÑO DE RAÍZ 10 GR QUENUA
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	911.71500	182.34300	12.6427 **
Resíduo	24	346.14800	14.42283	
Total	29	1257.86300		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	12.6427	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	23.60000	a
2	11.90000	bc
3	9.32000	bc
4	10.30000	bc
5	14.20000	b
6	6.10000	c

dms = 7.42201

MG = 12.57000 CV% = 30.21
Ponto médio = 16.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.85079	0.00064	Não

DADOS

22.5	21.0	23.0	25.5	26.0
14.0	14.0	12.0	9.5	10.0
12.0	11.0	7.5	7.6	8.5
9.5	7.5	11.5	10.0	13.0
10.0	28.5	12.5	10.0	10.0
6.5	6.0	9.0	3.5	5.5



ANEXO 40. Análisis estadístico de MMFR para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
MASA DE MATERIA FRESCA DE RAÍZ 10 GRAMOS DE HIDROGEL
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	98815.06667	19763.01333	15.8788 **
Resíduo	24	29870.80000	1244.61667	
Total	29	128685.86667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	15.8788	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	334.40000	a
2	254.40000	b
3	254.40000	b
4	270.20000	ab
5	253.40000	b
6	139.60000	c

dms = 68.94682

MG = 251.06667 CV% = 14.05
Ponto médio = 258.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94127	0.09842	Sim

DADOS

412	346	367	241	306
271	269	259	221	252
214	265	269	277	247
261	281	238	320	251
265	245	264	222	271
146	104	164	168	116



ANEXO 41. Análisis estadístico de MMSR para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
QUEÑUA MASA DE MATERIA SECA DE RAÍZ 10 GR HIDROGEL
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	58594.66667	11718.93333	12.0689 **
Resíduo	24	23304.00000	971.00000	
Total	29	81898.66667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	12.0689	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	309.60000	a
2	225.00000	b
3	223.00000	b
4	234.80000	b
5	234.20000	b
6	157.40000	c

dms = 60.89842

MG = 230.66667 CV% = 13.51
Ponto médio = 259.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.91532	0.02031	Não

DADOS

293	323	331	218	383
233	237	231	198	226
192	231	234	237	221
231	236	210	274	223
235	220	245	213	258
197	169	135	139	147



ANEXO 42. Análisis estadístico de MMFT para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
MASA DE MATERIA FRESCA DE TALLOS 10 GR QUENUA
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	148089.10000	29617.82000	15.5790 **
Resíduo	24	45627.20000	1901.13333	
Total	29	193716.30000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	15.579	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	422.40000	a
2	362.80000	ab
3	319.20000	b
4	377.40000	ab
5	401.40000	ab
6	209.00000	c

dms = 85.21238

MG = 348.70000 CV% = 12.50

Ponto médio = 336.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.97031	0.54760	Sim

DADOS

350	391	515	452	404
337	416	385	311	365
292	344	332	308	320
392	347	337	421	390
412	408	370	335	482
242	216	232	158	197



ANEXO 43. Análisis estadístico de MMST para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
MASA DE MATERIA SECA DE TALLOS QUENUA 10 GR HIDROGEL
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	82913.20000	16582.64000	9.2312 **
Resíduo	24	43112.80000	1796.36667	
Total	29	126026.00000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	9.2312	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	317.60000	a
2	241.60000	abc
3	233.80000	bc
4	285.00000	ab
5	314.80000	ab
6	167.20000	c

dms = 82.83119

MG = 260.00000 CV% = 16.30
Ponto médio = 272.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.98053	0.83937	Sim

DADOS

217	248	408	370	345
225	209	292	237	245
240	277	220	215	217
305	271	231	311	307
342	335	298	290	309
137	198	148	195	158



ANEXO 44. Análisis estadístico de MMFH para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
MASA DE MATERIA FRESCA DE HOJAS 10 GR QUENUA
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	92612.30000	18522.46000	15.3924 **
Resíduo	24	28880.40000	1203.35000	
Total	29	121492.70000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	15.3924	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	349.00000	a
2	256.40000	b
3	244.20000	b
4	257.00000	b
5	235.60000	b
6	158.40000	c

dms = 67.79418

MG = 250.10000 CV% = 13.87
Ponto médio = 281.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95738	0.26505	Sim

DADOS

427	273	335	367	343
252	278	267	229	256
216	289	248	247	221
225	239	260	294	267
198	228	208	262	282
211	159	137	150	135



ANEXO 45. Análisis estadístico de MMSH para Queñua con 10 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Masa de materia seca de hojas MMSH 10Gr hidrogel quenua
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	63799.06667	12759.81333	23.4261 **
Resíduo	24	13072.40000	544.68333	
Total	29	76871.46667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	23.4261	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	293.20000	a
2	215.00000	b
3	207.20000	b
4	215.80000	b
5	206.00000	b
6	134.00000	c

dms = 45.61088

MG = 211.86667 CV% = 11.02
Ponto médio = 214.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.91937	0.02584	Não

DADOS

303	227	304	319	313
215	231	222	195	212
190	233	208	211	194
194	200	217	245	223
184	219	197	224	206
168	157	110	123	112



ANEXO 46. Análisis estadístico de NH para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Numero de hojas quenua 15 gr hidrogel
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	3654.80000	730.96000	5.1743 **
Resíduo	24	3390.40000	141.26667	
Total	29	7045.20000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	5.1743	0.0023

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	53.80000 a
2	45.40000 a
3	31.80000 ab
4	41.60000 ab
5	32.40000 ab
6	19.40000 b

dms = 23.22824

MG = 37.40000 CV% = 31.78
Ponto médio = 46.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94395	0.11625	Sim

DADOS

50 51 77 28 63
31 38 52 39 67
30 39 33 25 32
37 52 44 52 23
49 38 30 20 25
20 25 18 19 15



ANEXO 47. Análisis estadístico de NR para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Numero de ramas quenua 15 gr hidrogel
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	55.36667	11.07333	2.2370 ns
Resíduo	24	118.80000	4.95000	
Total	29	174.16667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	2.6207	2.237	0.0834

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	5.00000	b
2	6.60000	ab
3	6.60000	ab
4	9.40000	a
5	8.00000	ab
6	7.40000	ab

dms = 4.34810

MG = 7.16667 CV% = 31.04

Ponto médio = 7.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.95480	0.22692	Sim

DADOS

5	4	6	5	5
3	3	10	6	11
5	8	7	5	8
8	12	11	8	8
10	7	9	5	9
5	7	7	11	7



ANEXO 48. Análisis estadístico de DCP para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Diámetro cuello del planta 15 gr hidrogel
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	106.30703	21.26141	25.7319 **
Resíduo	24	19.83036	0.82626	
Total	29	126.13739		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	25.7319	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	9.33800 a
2	9.27000 a
3	5.33200 bc
4	5.79400 bc
5	6.43000 b
6	4.47200 c

dms = 1.77646

MG = 6.77267 CV% = 13.42
Ponto médio = 7.19000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92036	0.02741	Não

DADOS

9.83	9.51	10.05	9.66	7.64
10.66	7.37	9.05	9.50	9.77
5.23	5.71	4.30	4.65	6.77
5.36	7.11	5.61	6.14	4.75
6.61	6.56	6.26	5.52	7.20
5.46	4.04	3.72	4.50	4.64



ANEXO 49. Análisis estadístico de TR para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

Tamaño de raíz en queñua 15 gr hidrogel

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	463.46667	92.69333	3.6297 *
Resíduo	24	612.90000	25.53750	
Total	29	1076.36667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	2.6207	3.6297	0.0138

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	21.20000	ab
2	23.60000	a
3	14.10000	ab
4	17.10000	ab
5	14.60000	ab
6	12.80000	b

dms = 9.87610

MG = 17.23333 CV% = 29.32

Ponto médio = 18.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.90784	0.01313	Não

DADOS

22.0	20.0	21.0	24.0	19.0
22.0	27.0	21.5	23.5	24.0
14.0	10.0	27.0	10.5	9.0
9.0	19.0	22.5	26.0	9.0
13.0	15.0	12.0	10.0	23.0
11.0	14.0	13.0	15.0	11.0



ANEXO 50. Análisis estadístico de MMFR para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
MASA DE MATERIA FRESCA DE RAÍZ 15 GR HIDROGEL
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	164318.66667	32863.73333	44.5832 **
Resíduo	24	17691.20000	737.13333	
Total	29	182009.86667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	44.5832	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	344.40000	a
2	320.60000	a
3	239.60000	b
4	232.00000	b
5	260.80000	b
6	114.20000	c

dms = 53.06027

MG = 251.93333 CV% = 10.78

Ponto médio = 251.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.94361	0.11383	Sim

DADOS

337	316	404	318	347
319	326	322	297	339
237	217	215	240	289
231	214	257	262	196
314	253	237	233	267
116	121	104	99	131



ANEXO 52. Análisis estadístico de MMFT para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Masa de materia fresca de tallos 15 gr hidrogel quenua
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	99894.40000	19978.88000	7.2289 **
Resíduo	24	66330.40000	2763.76667	
Total	29	166224.80000		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	7.2289	0.0002

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	415.80000	a
2	411.60000	a
3	316.20000	ab
4	338.60000	ab
5	313.60000	ab
6	251.40000	b

dms = 102.74180

MG = 341.20000

CV% = 15.41

Ponto médio = 334.00000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.97271	0.61555	Sim

DADOS

393	379	445	386	476
410	488	399	372	389
252	387	269	290	383
343	449	315	335	251
319	374	286	271	318
180	240	278	268	291



ANEXO 54. Análisis estadístico de MMFH para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
MMFH MASA DE MATERI FRESCA HOJAS 15 GR QUENUA
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	99432.26667	19886.45333	9.2018 **
Resíduo	24	51867.60000	2161.15000	
Total	29	151299.86667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)
* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)
ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	9.2018	<.0001

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	351.20000	a
2	245.00000	b
3	237.80000	bc
4	244.60000	b
5	255.00000	b
6	152.80000	c

dms = 90.85292

MG = 247.73333 CV% = 18.77
Ponto médio = 260.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.92440	0.03494	Não

DADOS

380	393	400	203	380
228	255	271	210	261
250	222	213	254	250
239	247	246	313	178
322	258	237	232	226
124	189	191	121	139



ANEXO 55. Análisis estadístico de MMSH para Queñua con 15 gramos de hidrogel.

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO
Masa de materia seca de hojas quenua 15 gramos hidrogel
QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	5	60409.06667	12081.81333	6.9163 **
Resíduo	24	41924.80000	1746.86667	
Total	29	102333.86667		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
5	24	3.8951	6.9163	0.0003

MÉDIAS E MEDIDAS

Médias de tratamento

1	286.20000	a
2	208.20000	ab
3	219.20000	a
4	213.40000	a
5	219.00000	a
6	131.60000	b

dms = 81.68199

MG = 212.93333 CV% = 19.63
Ponto médio = 236.50000

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Normalidade dos dados (alfa = 5%)

Teste (Estatística)	Valor	p-valor	Normal
Shapiro-Wilk (W)	0.93313	0.05948	Sim

DADOS

269	345	372	184	261
197	210	219	186	229
219	202	189	218	268
209	216	219	255	168
288	213	205	192	197
105	160	178	101	114



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Felix Eduardo Apaza Cruz
identificado con DNI 722213/10 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:
" DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON ZnO-NP Y NIVELES DE
LUMINOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DE Pinus radiata Y
Polylepis incana. "

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 Julio del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella



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

Por el presente documento, Yo Felix Eduardo Apaza Cruz
identificado con DNI 72221310 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:

“ DOSIS DE HIDROGEL CARGADO CON ZnO-NP Y NIVELES DE
LUMINOSIDAD EN EL COMPORTAMIENTO DE Pinus radiata y
Polyepis incana. ”

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 Julio del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella