

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL



**Métodos mecánicos y químicos para superar la dormancia en
semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en Bambamarca,
Cajamarca**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL

AUTOR

Bach. Rosa Yanina Ramos Carranza

ASESOR

Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser "Denisse", con una línea horizontal punteada debajo.

Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza
Asesora

CHOTA – PERÚ

Febrero, 2023

Métodos mecánicos y químicos para la superación de la dormancia en semillas de nogal
(*Juglans neotropica*) en Bambamarca, Cajamarca.

Acta de sustentación

Dedicatoria

Esta investigación está dedicada a Dios, por brindarme el conocimiento, las fuerzas y energías para realizarlo; también va dedicado con mucho amor a mis padres

Julio Ramos Gallardo y María Carranza Ortiz, mi hermana Ana María Ramos Carranza y mis hermanos Ronal Videlmo Ramos Carranza y Jheyden Neyser Ramos Carranza, quienes son el motor que me guían e impulsan a cumplir todas mis metas.

Rosa Yanina Ramos Carranza

Agradecimientos

Agradezco a Dios, a mis padres, hermana y hermanos por su apoyo constante, tanto moral como económico, en mi desarrollo profesional. También agradezco a mi asesora Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza por el apoyo brindado mediante su asesoramiento en el desarrollo de mi investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota y a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental por la oportunidad de poder realizar mis estudios universitarios, así como por las herramientas brindadas para ejecutar el desarrollo de este trabajo.

A mis docentes universitarios de todas las asignaturas por compartir sus conocimientos, consejos y experiencias con mi persona e impulsarnos a la investigación.

A los miembros de mi jurado, presidente Dr. Marco Antonio Añaños Bedriñana, secretario M. Sc. Jim Jairo Villena Velásquez, vocal Dr. Alejandro Seminario Cunha, por sus sugerencias que permitieron mejorar la calidad de mi tesis.

A mis compañeros y amigos, por ese apoyo incondicional y esa amistad brindada en esta etapa universitaria.

Índice de contenidos

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación del problema.....	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos.....	16
1.4.1. Objetivo general	16
1.4.2. Objetivos específicos	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.1.1. Antecedentes internacionales	17
2.1.2. Antecedentes nacionales	18
2.1.3. Antecedentes regionales.....	20
2.1.4. Antecedentes locales	21
2.2. Bases teórico – científicas.....	21
2.2.1. <i>Juglans neotropica</i>	21
2.2.1.1. Clasificación taxonómica	21
2.2.1.2. Hábitat.....	22
2.2.1.3. Morfología de la planta.....	22
2.2.1.4. Usos del nogal	25
2.2.2. Viabilidad de la semilla.....	25
2.2.3. Dormancia o latencia	26

2.2.3.1. Dormancia innata o primaria.....	26
2.2.3.2. Dormancia inducida o secundaria	26
2.2.3.3. Dormancia obligada	26
2.2.3.4. Dormancia física	26
2.2.3.5. Dormancia fisiológica.....	27
2.2.4. Germinación	27
2.2.5. Tratamiento pregerminativo	28
2.2.5.1. Escarificación.....	28
2.2.5.2. Otros tratamientos	29
2.2.6. Sustrato	29
2.2.7. Análisis de calidad de semillas	30
2.2.7.1. Calidad de semilla	30
2.2.7.2. Parámetros	30
2.2.7.3. Normas ISTA	31
2.3. Marco conceptual	31
2.3.1. Semilla.....	31
2.3.2. Dormancia o latencia	31
2.3.3. Germinación	32
2.3.4. Germinación epigea	32
2.3.5. Germinación hipogea.....	32
2.3.6. Tratamientos pregerminativos	32
2.3.7. Método químico o tratamiento pregerminativo químico	32

2.3.8.	Método mecánico o tratamiento pregerminativo mecánico	32
2.3.9.	Sustrato	33
2.4.	Hipótesis	33
2.5.	Operacionalización de variables	33
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO		36
3.1.	Ubicación	36
3.2.	Tipo y nivel de investigación	37
3.3.	Diseño de la investigación	37
3.4.	Métodos de la investigación	37
3.4.1.	Fuente y selección de la semilla	39
3.4.2.	Construcción del vivero	39
3.4.3.	Registro de datos	42
3.4.4.	Equipos, materiales e insumos	42
3.5.	Población, muestra y muestreo	43
3.5.1.	Población	43
3.5.2.	Muestra	44
3.5.3.	Muestreo	44
3.6.	Técnicas e instrumentos de la recolección de datos	44
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	44
3.8.	Aspectos éticos	46
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		47
4.1.	Descripción de resultados	47

4.1.1. Dormancia	51
4.1.1.1. Tiempo de dormancia	51
4.1.2. Germinación	53
4.1.2.1. Germinación acumulada.....	53
4.1.3. Coeficiente de velocidad	53
4.1.4. Tiempo promedio de germinación.....	54
4.1.5. Índice de germinación	55
4.1.6. Velocidad de germinación	56
4.1.7. Porcentaje final de germinación	56
4.2. Contrastación de la hipótesis	57
4.3. Discusión de resultados	58
4.3.1. Dormancia	58
4.3.1.1. Tiempo de dormancia	58
4.3.2. Germinación	59
4.3.2.1. Germinación acumulada.....	59
4.3.3. Coeficiente de velocidad	60
4.3.4. Tiempo promedio de germinación.....	61
4.3.5. Índice de germinación	62
4.3.6. Velocidad de germinación	62
4.3.7. Porcentaje final de germinación	63
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1. Conclusiones.....	65

5.2. Recomendaciones	66
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPÍTULO VII. ANEXOS	76

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2 Análisis de normalidad.....	47
Tabla 3 Indicadores del análisis de germinación de las semillas según normas ISTA.	49
Tabla 4 Prueba de Kruskal Wallis para tiempo de dormancia	50
Tabla 5 Media $\pm$ error estándar del tiempo de dormancia.....	51
Tabla 6 Matriz de consistencia interna.....	76
Tabla 7 Prueba ANOVA.....	80

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación	36
Figura 2 Croquis del diseño experimental.....	38
Figura 3 Tiempo de dormancia de las semillas por tratamiento luego de la siembra	52
Figura 4 Germinación acumulada por tratamiento.	53
Figura 5 Coeficiente de velocidad por tratamiento.	54
Figura 6 Tiempo promedio de germinación.	55
Figura 7 Índice de germinación.	56
Figura 8 Porcentaje de germinación por tratamiento.	57
Figura 9 Recolección de semillas de <i>J. neotropica</i>	81
Figura 10 Secado de las semillas de <i>J. neotropica</i>	81
Figura 11 Preparación del sustrato.	82
Figura 12 Desinfección del sustrato con agua hervida.	82
Figura 13 Preparación del terreno para el vivero.	82
Figura 14 Acondicionamiento de las bolsas en las camas.	82
Figura 15 Remojo de semillas en agua fría por 48 horas.	83
Figura 16 Exposición de las semillas al sol y en arena.	83
Figura 17 Lijadura de la testa de semillas de <i>J. neotropica</i>	83
Figura 18 Aplicación de ácido sulfúrico a las semillas de <i>J. neotropica</i>	83
Figura 19 Siembra de las 2000 semillas de <i>J. neotropica</i>	84
Figura 20 Riego de plántulas de <i>J. neotropica</i>	84
Figura 21 Evaluación y registro de datos.	84
Figura 22 Evaluación del crecimiento de plántulas.	84
Figura 23. Plantas al finalizar el experimento.	85

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar el método mecánico y/o químico óptimo para superar la dormancia en semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en Bambamarca, Cajamarca. Se aplicó cuatro tratamientos pregerminativos T1 (lijadura de testa), T2 (exposición al sol y en arena por 48 horas), T3 (remojo en agua fría por 48 horas), T4 (aplicación de ácido sulfúrico) y T5 (testigo), cada uno con cuatro repeticiones de 100 semillas. Se evaluó el tiempo de latencia, germinación acumulada, coeficiente de velocidad, tiempo promedio de germinación, índice de germinación, velocidad de germinación y porcentaje final de germinación. Se determinó que no existe diferencia estadística significativa en el tiempo de latencia, sin embargo, el T2 presentó menor latencia. Con relación al coeficiente de velocidad, se evidencia diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo superiores el T3 y T2 con $1,08 \pm 0,03a$ y $1,16 \pm 0,08a$, respectivamente. En cuanto al tiempo promedio de germinación existe diferencia estadística significativa entre tratamientos. En el índice de germinación hay diferencia estadística significativa por tratamiento pre germinativo, la capacidad de germinación del T1 ($13,08 \pm 0,29a$) es superior a los demás tratamientos. En la velocidad de germinación el T1 (lijadura de la testa) fue mayor ($0,32 \pm 0,01a$) con respecto al T3 (remojo en agua fría por 48 horas) que presentó ($0,15 \pm 0,01b$) de velocidad de germinación. Finalmente, el T1 presentó el mayor porcentaje de germinación con 52,25%, y el T3 (remojo en agua fría por 48 horas) con 20,75 % de semillas germinadas, representó el menor porcentaje de germinación.

Abstract

The objective of the research was to determine the optimal mechanical and/or chemical method to overcome dormancy in walnut (*Juglans neotropica*) seeds in Bambamarca, Cajamarca. Four pre-germination treatments were applied: T1 (testa sanding), T2 (exposure to the sun and in sand for 48 hours), T3 (soaking in cold water for 48 hours), T4 (application of sulfuric acid) and T5 (control), each one with four replicates of 100 seeds. Latency time, accumulated germination, speed coefficient, average germination time, germination index, germination speed and final germination percentage were evaluated. It was determined that there is no significant statistical difference in latency time, however, T2 presented lower latency. Regarding the speed coefficient, a statistically significant difference between treatments is evident, with T3 and T2 being higher with $1,08 \pm 0,03a$ and $1,16 \pm 0,08a$, respectively. Regarding the average germination time, there is a statistically significant difference between treatments. In the germination index there is a significant statistical difference by pre-germination treatment, the germination capacity of T1 ($13,08 \pm 0,29a$) is higher than the other treatments. In the germination speed, T1 (sanding of the testa) was higher ($0,32 \pm 0,01a$) with respect to T3 (soaking in cold water for 48 hours) that presented ($0,15 \pm 0,01b$) of speed of germination. Finally, T1 presented the highest germination percentage with 52,25%, and T3 (soaked in cold water for 48 hours) with 20,75% of germinated seeds, represented the lowest germination percentage.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Uno de los problemas que afecta a la humanidad es el aprovechamiento indebido de los recursos naturales, entre ellos los bosques montanos y estacionalmente secos del norte del Perú; estos ecosistemas albergan especies nativas de gran valor económico y ecosistémico, entre ellos *Juglans neotropica* Diels conocida como nogal o cedro negro, una especie forestal de madera de alta calidad, muy apreciada para mueblería fina, ebanistería, artesanía, instrumentos musicales, usada también en la agricultura para cercos vivos y sombras de cafetales (Ortiz et al., 2016).

La expansión de la actividad ganadera y agrícola en bosques montanos generan una progresiva deforestación de las áreas boscosas altoandinas (Quintero & Jaramillo, 2012); asimismo, la sobreexplotación de *J. neotropica* como recurso maderable está causando un desequilibrio en el ambiente, disminuyendo drásticamente la población de esta especie que se encuentra en peligro de extinción causada por la sobreexplotación de su madera (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources [IUCN], 2015).

Por otro lado, las semillas de *J. neotropica* poseen dormancia o latencia física, debido al impedimento de ingreso de agua y gases al endospermo y embrión, dificultando su germinación, siendo necesario la aplicación de ciertos métodos de escarificación.

El nogal posee una baja capacidad germinativa por lo que su propagación para reforestación es limitada (Peña et al., 2014).

La dificultad para superar la dormancia de las semillas de *J. neotropica* limitan la regeneración natural y la producción plantones, lo que repercute en menores tasas

de reforestación y repoblamiento. En este contexto, es necesario el estudio de nuevos ensayos de escarificación, sencillos de aplicar y que disminuyan el tiempo de latencia de las semillas.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los efectos de los métodos mecánicos y químicos en la superación de la dormancia en semillas de nogal (*Juglans neotropica*) en Bambamarca, Cajamarca?

1.3. Justificación

Uno de los grandes problemas que afecta los ecosistemas es el aprovechamiento indebido de los recursos naturales, entre ellos los bosques que albergan especies nativas de gran valor económico y ecosistémico, lo cual está causando un desequilibrio en el ambiente y la extinción de algunas especies. El nogal es una de las especies nativas que viene siendo afectada con este problema.

Una de las principales limitantes de la propagación de nogal radica en la geminación de las semillas, debido a la dormancia física de la misma, interpuesta por la impermeabilidad de la testa; ante ello, es indispensable aplicar procesos de escarificación con la finalidad de eliminar la dormancia de las semillas.

La información silvicultural de esta especie generada mediante el método de investigación científico es limitada, encontrándose generalmente manuales (Ramos et al., 2022), por ello, la presente investigación contribuye con información científica verificable.

Con esta investigación se busca determinar los métodos mecánicos y químicos para superar la dormancia en semillas de *J. neotropica*.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el método mecánico y químico para superar la dormancia en semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en Bambamarca, Cajamarca.

1.4.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de los tratamientos mecánicos en la ruptura de la dormición de semilla de nogal (*Juglans neotropica* Diels).

Evaluar el efecto de los tratamientos químicos en la ruptura de la dormición de semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tapia et al. (2012) determinaron técnicas alternativas de germinación en semillas de algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) en el laboratorio del Centro de Experimentación y Propagación Agámica (CEPA) Catamarca, a fin de obtener un mayor porcentaje de germinación de plántulas para forestación y reforestación. Para ello aplicaron los tratamientos pregerminativos de agua a temperatura de ebullición, lijado, ácido sulfúrico, hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico, alcohol etílico y acetona. Concluyeron que en los métodos de lijado y ácido sulfúrico tuvieron mayor cantidad de semillas germinadas, además, la escarificación influye en el % de germinación de la semilla.

Peña et al. (2014) plantearon identificar el efecto que produce el tratamiento con thidiazouron (TDZ) y 6-bencilaminopurina (BAP) en la inducción in vitro de brotes de *J. neotropica*. Para ello fragmentaron la testa de la semilla de forma mecánica y lo sembraron en el medio de cultivo M&S (Murashige y Skoog Medio Basal). Concluyendo que para obtener la brotación de microplántulas de *J. neotropica* germinadas in vitro es necesario utilizar la citoquinina BAP ya que es más eficiente que TDZ.

Azas (2016) desarrolló su investigación con el objetivo de evaluar el efecto en semillas de *J. neotropica* Diels al aplicar tratamientos pregerminativos con el fin de aportar conocimientos prácticos a viveristas y técnicos forestales en el país de Ecuador. Para ello se aplicó diferentes tratamientos pregerminativos, llegando a la conclusión que el tratamiento de solarización por 48 horas produjo la germinación de

81.25 % de las semillas, el de agua corriente 73.44 % y la escarificación mecánica con un 17.17 %.

Flores et al. (2017) en su estudio tuvieron como objetivo evaluar distintos métodos para vencer la dormancia fisiológica y mecánica, y determinar las necesidades de luz durante la germinación de *Juglans nigra* en Santa Fe-Colombia, para ello aplicaron los métodos de: (T1) estratificación en caliente, (T2) inmersión en ácido giberélico y (T3) estratificación en frío-húmedo, llegando a la conclusión que el mejor tratamiento fue escarificación en frío – húmedo a 5 °C por un tiempo de cuatro meses, además, la luz no determina la germinación de esas semillas.

Rodríguez & Aguilar (2019) plantearon determinar la morfología, poder de germinación y vigor de las semillas de *Juglans jamaicensis* en el Parque Nacional Turquino, para esto sometieron 900 semillas a tratamiento pregerminativo y evaluaron como varía la morfología de las semillas de cada árbol progenitor procedente de distintas zonas; la germinación con respecto al origen de las semillas, el vigor de las semillas y la dinámica de germinación. De ello llegaron a la conclusión que, el tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 24 horas, cambiando el agua cada 12 horas, tuvo un alto potencial de germinación (73 ± 16 %) y baja velocidad de germinación ($0,4 \pm 0,1$).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Septimo (2020) sostiene que para encontrar el efecto de fitohormonas en la propagación de semillas de *Juglans pyriformis* Liebmman en el invernadero de la UNASAM Huaraz Ancash, aplicó diferentes tratamientos y dosis de (AG) ácido giberélico, (AIB) ácido indol butírico y agua de coco; llegando a la conclusión que el

uso de AG, AIB y agua de coco, con el T₁: arena + AG (dosis 1000 ppm) obtuvo 60,23 % de semillas germinadas.

Torres (2019) determinó la influencia del tratamiento mecánico, físico y químico de la semilla en la germinación y emergencia de tara (*Caesalpinia spinosa*) en la ciudad de Arequipa ; esto le permitió llegar a la conclusión que, en fase de laboratorio, el tratamiento de raspado de la semilla con lija N° 80 el porcentaje de germinación alcanza el 76 %, la escarificación con H₂SO₄ por 10 minutos un 75 % y con H₂SO₄ por 5 minutos un 69 %. En la fase de invernadero se obtuvo 80 % de semillas germinadas utilizando H₂SO₄ durante 10 minutos, 78 % con H₂SO₄ por 5 minutos y un 50 % con escarificación con lija al agua N° 80.

Ponce (2017) evaluó el efecto de distintos tratamientos pregerminativos en semillas de castaña (*Bertholletia excelsa*) realizado en el laboratorio de certificación de semillas forestales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para ello aplicó los tratamientos de remoción de la testa, mecánico (orificio), remojo en ácido sulfúrico por 4 horas y agua caliente a 70°C por 5 minutos. Identificó que con el tratamiento de remoción de la testa obtuvo un 96 % de semillas germinadas, aplicación de ácido sulfúrico 79 % y realizando un orificio en las semillas sólo un 25,5 % en semillas de *B. excelsa* HBK.

Silva (2017) en su investigación aplicó cinco métodos para fragmentar la testa y producir plantones de *J. neotropica* Diels en vivero en el distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, estos consistieron en exposición al sol por 3 días, corte mecánico de la testa, inmersión en agua hervida, escarificación en estiércol de vacuno, inmersión en agua fría y el testigo, llegando a la conclusión que al

exponer al sol obtuvo 61 % de germinación de semillas, corte mecánico de la testa un 48 % y el más bajo fue el testigo con 11 % de semillas germinadas.

2.1.3. Antecedentes regionales

Quiroz (2019) planteó determinar el efecto de aplicar ácido giberélico para acelerar la germinación de semillas de *Hieronyma asperifolia* Pax & K. Hoffm. (Chupica) en el vivero de la municipalidad provincial de Jaén, para ello aplicó las dosis AG₃ (500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm y 4000 ppm) y un testigo. De la evaluación obtuvo 42 % de pureza, 15,63 % de humedad y 560 semillas por kilogramo, además, el tratamiento de 4000 ppm de AG₃ alcanzó 87,33 % de semillas germinadas.

Meza (2017) desarrolló su investigación en el laboratorio de fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Cajamarca filial Jaén con el objetivo de evaluar el efecto que causa en las semillas de guayacán (*Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson) al aplicar los tratamientos pre germinativos de ácido giberélico y variaciones de temperatura, para ello utilizó AG en distintas proporciones y agua a diferentes temperaturas, concluyendo que la interacción de agua a 25°C + 300 ppm de ácido giberélico produjo 95% de germinación mientras que el tratamiento agua a 30°C y 0 ppm de ácido giberélico produjo 57,5 % de semillas germinadas.

Quispe (2014), en el distrito San José – Pacasmayo - La Libertad determinó el tratamiento pre germinativo más apropiado para la germinación de semillas de *Prosopis pallida* Kunth; para ello aplicó 5 tratamientos pre germinativos en laboratorio y en vivero, llegando a la conclusión que mediante escarificación se obtiene 97 % de semillas germinadas en laboratorio y en vivero 96 %; con ácido giberélico a 1000 ppm 87 % y a 2000 ppm 86 % en laboratorio y 86 % a 1000 ppm y 85 % a 2000 ppm en vivero; con nitrato de potasio a 1000 ppm 85 % y a 2000 ppm

84,5 % en laboratorio y en vivero a 1000 ppm 84,5 % y a 2000 ppm 84 %, el testigo tuvo 80 % en laboratorio y 79 % en vivero.

2.1.4. Antecedentes locales

En el ámbito local no se han realizado estudios relacionados con los métodos mecánicos y químicos para superar la dormancia en semillas de *J. neotropica*; es por ello que con este trabajo se busca fomentar la investigación en la propagación y aceleramiento del crecimiento de especies forestales nativas, así como aportar conocimientos a partir de los resultados obtenidos.

2.2.Bases teórico – científicas

2.2.1. *Juglans neotropica*

2.2.1.1.Clasificación taxonómica

Según, Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants (APG, 2021), *J. neotropica* se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Juglandaceae

Género: *Juglans* L.

Especie: *Juglans neotropica* Diels

Nombre común: “nogal”, “cedro negro”

2.2.1.2.Hábitat

La especie de *J. neotropica* es una planta nativa que se encuentra clasificada en categoría de amenaza en peligro crítico, se adapta ente los 1600 y 3100 metros sobre el nivel del mar (IUCN, 2018). Su uso es para restauración ecológica, como hábitat para fauna silvestre y como alimento ya que tiene como fruto la nuez (Villada et al., 2021).

2.2.1.3. Morfología de la planta

Porte

El nogal puede llegar a medir 35 metros de altura y su diámetro va desde 30 cm a 120 cm, presenta el fuste recto y cilíndrico, su corteza suele ser agrietada y de un color marrón oscuro a negruzco; su ramificación empieza desde el segundo tercio del árbol (Hurtado et al., 2015).

Hojas

Rosero (2011), indica que las hojas son compuestas, pueden medir hasta 40 cm de largo, imparipinnadas con 6 a 8 folíolos de 6 a 9 cm de largo, presenta un borde aserrado, en el haz un color verde oscuro y más claro en el envés.

En tanto Ospina et al. (2003) menciona que *J. neotropica* presenta hojas compuestas, alternas, las hojas juveniles pueden medir hasta 60 cm de largo y 30 cm de ancho, mientras que las hojas adultas llegan hasta 34 cm de largo por 18 cm de ancho; además, las hojas están constituidas por folíolos opuestos o subopuestos, gruesos, ásperos y rugosos que pueden medir entre 10 y 16 cm de largo por 4 y 8 cm de ancho; el margen de los

foliolos es aserrado, con amplios dientes y en algunos casos con bordes dentados.

Flores

Esta especie presenta flores femeninas y masculinas en la misma planta, la inflorescencia masculina axilar es de tipo amento con gran cantidad de flores estaminadas y estambres verdosos en la base de una bráctea. En tanto la inflorescencia femenina se presenta en forma de espigas con poca cantidad de flores pistiladas (Díaz, 2019).

Frutos

El fruto de *J. neotropica* es una drupa globosa de exocarpio fibroso y carnoso con 6 cm de largo y 5 cm de ancho aproximadamente, este contiene una nuez comestible que es liberada cuando el endocarpio leñoso madura (Septimo, 2020).

El fruto del nogal es de color verde, presenta forma redonda, carnosa, semiesférica y achatada en los extremos, aproximadamente tienen un largo de 4 centímetros y diámetro de 3 centímetros (Silva, 2017).

Semillas

La semilla o nuez del nogal contiene una cubierta negra, la cual está envuelta por el mesocarpio. Esta semilla es sub-globosa, de forma ovalada o como cerebroide, además, es frecuente que presente amplios y notorio surcos profundos en forma longitudinal, su tamaño varía de acuerdo al lugar donde se desarrolla y va desde 2,8 a 4,7 centímetros de largo por 3,1 a 4,8 centímetros de diámetro (Ospina et al., 2003).

La semilla de nogal es recalcitrante, es decir que no puede sobrevivir en condiciones de frío o sequedad cuando están conservadas ex situ; estas semillas tienen una viabilidad de 3 meses almacenadas a 4°C, son sensibles a la deshidratación y pierden muy rápido la viabilidad, esto causa problemas al almacenar las semillas para propagación por mucho tiempo (Pérez & Quenta, 2015).

Partes de la semilla de nogal según Silva (2017).

- a) Embrión: es el estado embrionario en la que se encuentra una planta pequeña, la cual se desarrolla cuando interactúa en la semilla el oxígeno, la humedad y el calor suficiente y necesario y se produce una plántula nueva. El embrión consta de estas partes:
- Radícula: es una parte que sale primero convirtiéndose luego en la raíz de la plántula, esta raíz genera después las raíces secundarias y los bellos absorbentes.
 - Plúmula: es una yema que se encuentra al lado opuesto de la radícula.
 - Hipocótilo: espacio entre la radícula y la plúmula.
- b) Endospermo: es la reserva alimentaria en la semilla y es conocido como albumen.
- c) Epispermo: está formada por la capa exterior o testa, en las angiospermas presenta una cubierta más por debajo denominada tegumen.

2.2.1.4. Usos del nogal

Es aprovechada como madera de alto valor comercial en la elaboración de diversos muebles finos, ebanistería, los frutos y hojas son usados en la industria textil, en medicina y alimentos (Ramos et al., 2020).

Hurtado et al. (2015) menciona que las hojas de *J. neotropica* son usadas como antibióticos tradicionales para tratar la dermatitis, úlceras e insuficiencia venosa, además posee propiedades antihelmíntica, antidiarreica, antiséptica, entre otras. La semilla es comestible y tiene excelente contenido de proteína y grasa, la corteza se usa para el pintado de textiles (Ramírez et al., 2019) .

2.2.2. Viabilidad de la semilla

La viabilidad hace referencia a la fracción de semillas que se encuentran vivas y pueden germinar en condiciones adecuadas (Hurtado et al., 2020).

Toro & Roldán (2018) mencionan que, al ser recalcitrantes, estas semillas no se almacenan por mucho tiempo, por lo tanto, recomienda realizar la recolección de semillas en envases de fibra o cabuya para ser transportadas al vivero y realizar la siembra inmediatamente.

En un estudio realizado por Septimo (2020), encontró que la viabilidad de la semilla de *Juglans pyriformis* Liebmman es 96,6 %, en tanto, Azas (2016) halló un 95,83 % de viabilidad de semillas de *J. neotropica*.

Las semillas de nogal no están en el grupo de las ortodoxas ya que no se pueden almacenar por mucho tiempo, en ese proceso se pueden deshidratar e inhiben su metabolismo disminuyendo su tasa de respiración (Silva, 2017).

2.2.3. Dormancia o latencia

La dormancia indica el efecto de cierto tratamiento en el disparo de la germinación, por lo tanto, se considera que una semilla es latente o dormante cuando tiene la viabilidad aceptable pero no germina, aunque presente las condiciones de temperatura adecuadas, agua y oxígeno (Silva, 2017). Se presentan los siguientes tipos de dormancia.

2.2.3.1. Dormancia innata o primaria

Esta tipo de dormancia se percibe en el momento que la semilla se aparta de la planta progenitora y evita que la semilla germine por un determinado tiempo después de la cosecha (Ramírez et al., 2023).

2.2.3.2. Dormancia inducida o secundaria

Esta dormancia se genera luego de que las semillas han sido cosechadas ya sea que no eran latentes desde un inicio o que hayan superado la dormancia innata (Silva, 2017).

2.2.3.3. Dormancia obligada

Esta dormancia se da por un factor ajeno a las semillas y que impide su germinación; estas pueden ser la presencia de dióxido de carbono (CO₂) en cantidades muy altas, fluctuaciones de temperatura y carencia de luz (Silva, 2017).

2.2.3.4. Dormancia física

O interpuesta por la testa o cubierta de la semilla, en este tipo de dormancia, la testa de semilla es impenetrable. El periodo de latencia se debe a factores ambientales como la temperatura y el fotoperiodo (Bernard et al., 2020).

2.2.3.5. Dormancia fisiológica

En esta dormancia, la germinación es obstaculizada por un mecanismo fisiológico inhibitor el cual previene la emergencia de la radícula (Varela & Arana, 2011).

2.2.4. Germinación

Azas (2016) expresa morfológicamente a la germinación como un proceso que se da para que un embrión se convierta en una nueva planta, es decir, la reanudación del metabolismo o germinación de la semilla que antes fue suspendido.

La germinación de semillas de *J. neotropica* se inicia con la absorción de agua por parte de la semilla seca (imbibición) y termina cuando una parte de esta (en dicotiledóneas el embrión, en monocotiledóneas y gimnospermas la radícula) atraviesa las capa exterior de la semilla o conocida como testa y germina (Almeida, 2020).

Las semillas de *J. neotropica* tienen una germinación hipogea, ya que al momento de germinar, sus primeras hojas no salen a la superficie sino que quedan en la cubierta de la semilla, es por ello que se siembra en posición horizontal (Silva, 2017).

La germinación de estas semillas inicia aproximadamente entre los 35 a 112 días después de la siembra, en un rango que varía entre 60 y 84 % (Silva, 2017), en tanto Toro & Roldán (2018) mencionan que la máxima germinación de las semillas se inicia a los 84 días y termina a los 192 días en las semillas lentas, generando una germinación entre 70 y 90 %.

2.2.5. Tratamiento pregerminativo

2.2.5.1. Escarificación

Se considera escarificación al proceso en el cual se produce la ruptura de la testa de las semillas para permitir el ingreso del agua y los gases. Se considera los siguientes métodos:

- a) Mecánica: se realiza con el objetivo de romper o rayar la cubierta gruesa de las semillas para que el agua y los gases puedan ingresar; para ello se puede cortar, perforar raspar o lijar las semillas por el lugar donde emergen las primeras hojas o a los costados, al momento de realizar esta actividad se debe tener cuidado con la semilla para evitar dañar el embrión y la plántula resultante (The International Seed Testing Association [ISTA], 2016).
- b) Química: Gándara et al. (2022) indica que esta escarificación se usa para incrementar el porcentaje de germinación de las semillas y para ello se utilizan sustancias químicas como ácido sulfúrico o ácido giberélico. (Zambrano, 2018), al usar ácido sulfúrico se debe realizar el experimento en un recipiente resistente en el cual se sumergen las semillas y se agrega el ácido, luego de ello se drena el ácido y las semillas son lavadas con agua corriente.

ISTA (2016), menciona que para realizar una escarificación ácida se debe empapar las semillas en ácido sulfúrico (H_2SO_4) hasta que la cubierta seminal de la semilla presente picaduras, la acción del ácido es algunos casos es al instante mientras que en otros suele tardar hasta una hora, pero las semillas deben ser examinadas constantemente. Luego de ello, las semillas deben ser enjuagadas con bastante agua corriente.

- c) Lixiviación: esta técnica consiste en remojar las semillas en agua corriente por un tiempo de 12, 24, 48 y hasta 72 horas para remover los inhibidores químicos que se encuentran en la capa exterior, también se puede cambiar el agua de forma periódica (Varela & Arana, 2011).

2.2.5.2. Otros tratamientos

- a. Ácido giberélico (GAs): las giberelinas (GAs) son fitohormonas fundamentales ya que estimulan y regulan el crecimiento de las plantas. Esta fitohormona incita la germinación y crecimiento de las semillas interrumpiendo la dormancia en diferentes órganos de las mismas (Calderón, 2021).
- b. Agua caliente: en un recipiente se vierten las semillas en agua a temperatura de 77 y 100°C, luego se retira del fuego y se deja enfriar paulatinamente dejándolos remojar entre 12 a 24 horas (Azas, 2016).
- c. Estratificación: “este tratamiento se utiliza para romper la dormancia fisiológica, para ello se coloca las semillas en componentes húmedos y que conserven la humedad ya sea turba, arena o vermiculita en frío o calor” (Almeida, 2020).

2.2.6. Sustrato

El sustrato es el material que se utiliza para brindar las mejores condiciones para la germinación de la semilla y el crecimiento de la planta; comúnmente está compuesto de elementos vegetales, turba, hierba y arena (Almeida, 2020).

Para Gómez (2010), el sustrato es un material de carácter orgánico, el cual sirve como soporte brindando humedad necesaria para el adecuado desarrollo

de la plántula, facilita el recorrido de los gases desde la raíz hasta la atmósfera y sirve para almacenar y distribuir los nutrientes a toda la planta.

2.2.7. Análisis de calidad de semillas

2.2.7.1. Calidad de semilla

La calidad de semilla está determinada por la procedencia de esta, la madurez, año semillero y tiempo de cosecha, en donde se encuentran los principales componentes como características físicas (ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable), fisiológicas (capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas característicamente buenas), genéticas (constitución genética de las semillas para preservar sus características originales) y sanitarias (ausencia de patógenos que causan enfermedades) (Álvarez et al., 2020).

Farrás (2018), expresa que una semilla es de calidad cuando reúne todas las características necesarias y deseables e involucra a la aptitud de la semilla al sembrarse.

2.2.7.2. Parámetros

Los principales parámetros para evaluar la calidad de semillas son:

- a. **Peso:** se mide por el volumen determinado de semillas de una sola especie, se prefiere las semillas que tengan el mayor peso (Azas, 2016).
- b. **Pureza:** constituye la cantidad de semillas puras presentes en una muestra (Romero et al., 2020).
- c. **Viabilidad:** consiste en identificar el estado del embrión de una semilla viva (Flechas & Medina, 2021).

- d. Humedad: es un factor crucial en el manejo de la semilla ya que los granos secos y sanos se pueden guardar en lugares apropiados durante mucho tiempo, pero los granos húmedos se deterioran con más facilidad en poco tiempo (Hurtado et al., 2020).
- e. Porcentaje de germinación: esta prueba consiste en realizar el conteo diario de las semillas de las cuales ha emergido la radícula (Romero et al., 2020).

2.2.7.3. Normas ISTA

Las normas ISTA tienen como objetivo proporcionar métodos de prueba en todo tipo de semillas destinadas para la producción de plantas o desarrollo de cultivos (ISTA, 2016).

2.3.Marco conceptual

2.3.1. Semilla

Una semilla es una unidad de reproducción por vía sexual, su misión es que a través del tiempo, el espacio y las condiciones necesarias genere nuevas plántulas para que permanezca la especie a la que pertenece (Doria, 2010).

2.3.2. Dormancia o latencia

Una semilla se encuentra latente o dormante cuando a pesar de tener todas las condiciones necesarias para germinar no logra hacerlo, por diversos mecanismos físicos y fisiológicos de la misma semilla (Zambrano, 2018).

Ochoa (2019), indica que una semilla presenta dormancia cuando al estar viva no puede germinar en condiciones favorables, pero otras semillas que no presentan dormancia si lo hacen.

2.3.3. Germinación

La germinación es un proceso en el cual se restablece el crecimiento del embrión y culmina al aparecer la radícula fuera de la cubierta seminal (Zapata & Ruiz, 2020).

2.3.4. Germinación epigea

En este tipo de germinación se alarga el hipocótilo y provoca que las primera hojas de la nueva planta quedan sobre el nivel del suelo sembrado (ISTA, 2016).

2.3.5. Germinación hipogea

En este tipo de germinación, el o los cotiledones o estructura comparable quedan dentro de la semilla por debajo del nivel del suelo. En la dicotiledóneas las hojas quedan sobre el nivel del suelo ya que el epicótilo se alarga, mientras que en las monocotiledóneas es mediante el mesocótilo (ISTA, 2016).

2.3.6. Tratamientos pregerminativos

El tratamiento pregerminativo es todo procedimiento mecánico o químico que ayuda a vencer el estado dormante de algunas semillas.

2.3.7. Método químico o tratamiento pregerminativo químico

Para esta técnica se utiliza químicos tales como ácido sulfúrico, ácido cítrico, ácido clorhídrico entre otros, para ello se remoja las semillas en la solución de algún químico por un tiempo determinado (Varela & Arana, 2011).

2.3.8. Método mecánico o tratamiento pregerminativo mecánico

Este método puede ser manual o utilizando aparatos, se realiza perforando, raspando o quebrando la cubierta de la semilla, se puede emplear el uso de lijas, martillos, agujas, entre otros (Zambrano, 2018).

2.3.9. Sustrato

Se considera como sustrato a la mezcla de diferentes componentes que van a servir como medio de germinación de las semillas.

2.4. Hipótesis

Hipótesis nula: los tratamientos mecánicos y químicos superan la dormancia de las semillas de *J. neotropica* Diels en Bambamarca, Cajamarca.

Hipótesis alternativa: los tratamientos mecánicos y químicos no superan la dormancia en semillas de *J. neotropica* Diels en Bambamarca, Cajamarca.

2.5. Operacionalización de variables

La investigación presenta las siguientes variables:

Variable independiente:

Métodos mecánicos y químicos.

Variables dependientes:

Germinación de semillas de *J. neotropica*.

- Porcentaje de germinación.
- Coeficiente de velocidad.
- Tiempo promedio de germinación.
- Índice de germinación.

En la Tabla 1 se detalla información de las variables de estudio.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición de la variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos
V.I: Métodos mecánicos y químicos.	Aplicación de 4 tratamientos y 1 testigo para romper la dormancia de las semillas de nogal	Escarificación mecánica.	Número de semillas con testa lijada.	Observación.
			Número de semillas expuestas al sol y arena por 48 horas.	
		Escarificación química.	Número de semillas remojadas en agua fría por 48 horas.	
			Número de semillas con ácido sulfúrico.	
V.D: Germinación de semillas de <i>J. neotropica</i> :	Las semillas de <i>J. neotropica</i> presentan dormancia innata la cual necesita algún tratamiento para acelerar la germinación.	Dormancia.	Número de semillas dormantes.	Observación.
- Porcentaje de germinación.	Cantidad en porcentaje de semillas germinadas	Germinación.	Número de semillas germinadas en total.	

- Coeficiente de velocidad.	Medida de distribución de la germinación en el tiempo en relación con el número de semillas germinadas.	Número de semillas germinadas con relación al tiempo.
- Tiempo promedio de germinación.	Tiempo promedio que necesitan las semillas para germinar.	Tiempo en el que germinan las semillas.
- Índice de germinación.	Número de semillas germinadas al día por el número de días después de la siembra sobre el total de semillas sembradas.	Número de semillas germinadas.
- Velocidad de germinación.	Número de semillas germinadas con relación al tiempo de germinación.	Número de semillas germinadas en el periodo de germinación.

CAPÍTULO III

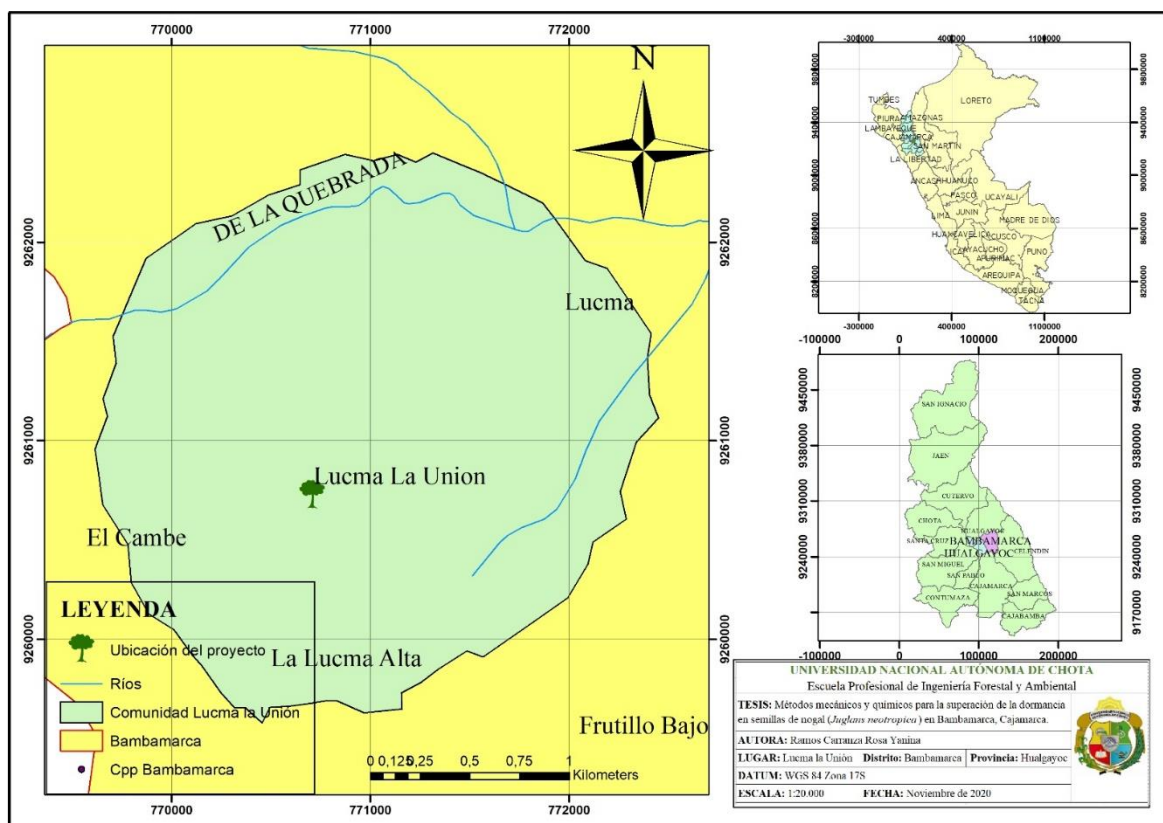
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

La investigación fue desarrollada en la comunidad de Lucma la Unión, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc en una parcela destinada para vivero (figura 1), esta se ubica geográficamente en las coordenadas UTM: Este 771310 y Norte 9259954 a una altitud de 2949 m.s.n.m.

Figura 1

Mapa de ubicación



De acuerdo a Sánchez & Vásquez (2010), la provincia de Hualgayoc ostenta un clima lluvioso, semifrío y húmedo con poca probabilidad de lluvias en las estaciones de otoño e invierno. La temperatura durante el día sobrepasa los 18°C, en las noches

puede descender hasta 0°C, a partir de los 3000 m.s.n.m., especialmente en invierno, la temperatura promedio al año es de 7.40°C. La precipitación pluvial es de hasta 1,448 mm.

El acceso al área del vivero se realiza mediante la carretera que se dirige de Bambamarca a Cajamarca, con un desvío hacia la derecha en el kilómetro 3 por una trocha carrozable de 200 metros.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue cuantitativa, pues se procesaron datos numéricos obtenidos de la manipulación de variables (Silva, 2017; Torres, 2019; Rodríguez & Aguilar, 2019), con el fin de identificar el mejor tratamiento de ruptura de la dormancia en semillas de *J. neotropica* en vivero con la recolección diaria de datos de semillas germinadas.

Según el nivel de investigación, es aplicativo, pues se plantea resolver problemas relacionados a la dormancia de semillas.

3.3. Diseño de la investigación

El estudio fue experimental, conducido mediante el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y 1 testigo, cuatro repeticiones y 100 semillas por cada parcela experimental (Figura 2).

3.4. Métodos de la investigación

Los datos fueron recolectados en el vivero en las cuatro repeticiones de los cuatro tratamientos pregerminativos y del testigo, de los cuales se evaluó el tiempo de latencia, coeficiente de velocidad, tiempo promedio de germinación, índice de germinación, velocidad de germinación y porcentaje final de germinación. Los tratamientos a probar fueron los siguientes:

T1 = Lijadura de testa.

T2 = Exposición al sol y en arena por 48 horas.

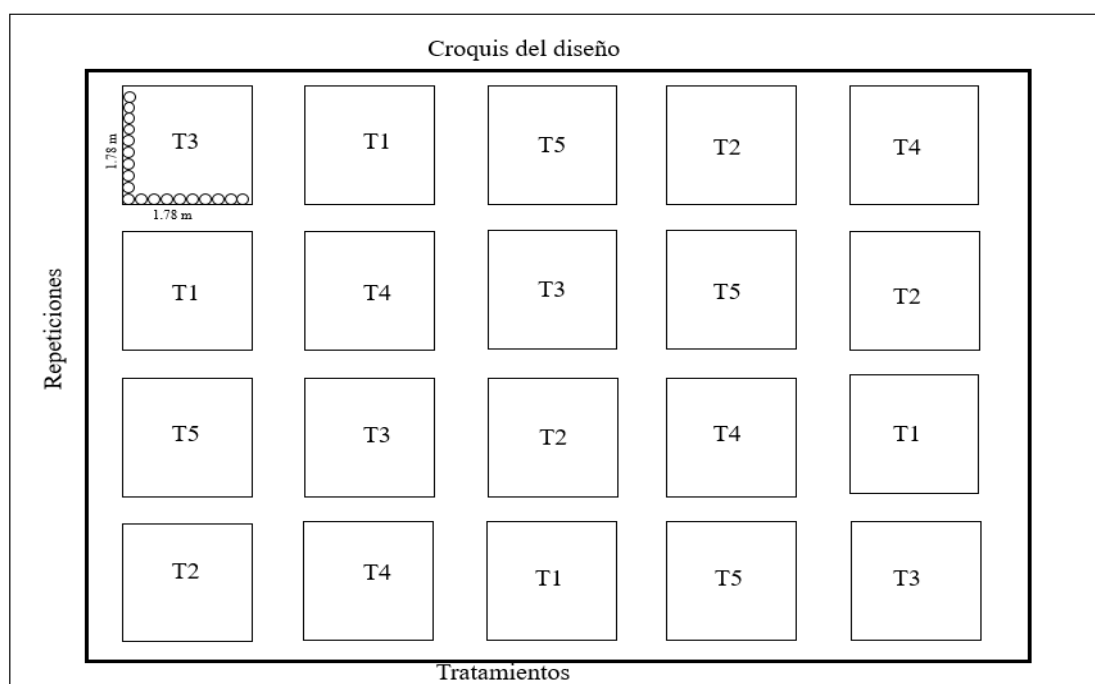
T3 = Remojo en agua fría por 48 horas.

T4 = Aplicación de ácido sulfúrico (H₂SO₄).

T5 = Testigo.

Figura 2

Croquis del diseño experimental



Se realizó un análisis fisicoquímico del sustrato utilizado, se evaluó los componentes arena, limo, arcilla, reacción actual y potencial, además de los nutrientes esenciales y secundarios, el cual indica las siguientes características del suelo:

La cantidad de arena 60%, limo 13%, arcilla 27%, reacción actual 7.12pH, reacción potencial 5.81pH, libre de sales, M.O. 3.2%, N total 0.12%, P disponible

13.2ppm, K disponible 200.37ppm, C.C.C.(r) 19.6 me/100g, Ca cambiable 13.88 me/100g, Mg cambiable 1.39 me/100g, K cambiable 0.69 me/100g, Na cambiable 0.01 me/100g, saturación de bases 81.51% y acidez de cambio 3.63 me/100g.

El procedimiento seguido para la recolección de datos se especifica a continuación:

3.4.1. Fuente y selección de la semilla

Los árboles de los que se obtuvo las semillas de *J. neotropica* se encuentran distribuidos en la comunidad de Lucma la Unión, provincia de Hualgayoc, distrito Bambamarca, fueron seleccionados los mejores árboles semilleros, estos tenían el fuste recto, libre de enfermedades y plagas.

Las semillas fueron recolectadas de forma manual cada 5 días y se eligió las que se encontraban caídas en el piso, teniendo en cuenta que estén libres de enfermedades y plagas, luego de ello, fueron recopiladas en sacos de yute y trasladadas hasta una casa cerca de donde se construyó el vivero.

Seguidamente estas semillas se dejaron reposar sobre un terreno para que sequen por 30 días a temperatura ambiente con la luz del día, luego se seleccionaron las que presentaban el tamaño equitativo, midiéndolas el diámetro con un vernier, las que no cumplían estas características o se notaba alguna anomalía fueron retiradas.

3.4.2. Construcción del vivero

a) Acondicionamiento del área para vivero

El vivero fue construido cerca de una casa y de una fuente de agua, en un área de 35,75 m² con una dimensión de 6,5 metros de largo y 5,5 metros de ancho, dentro de la cual se establecieron las camas de almácigo.

El tinglado tuvo 2,1 metros de alto. Todo el vivero fue construido con malla raschel color verde con 50% de sombra.

b) Camas de almácigo

Las camas de almácigo se construyeron considerando el diseño experimental (Figura 2), para ello se excavó en el suelo 20 cuadrados de 1 metro por cada lado y una profundidad de 30 centímetros en los cuales fueron colocadas las bolsas con el respectivo sustrato.

c) El sustrato

El sustrato estuvo constituido por suelo agrícola, arena y materia orgánica en la proporción 3:1:1, respectivamente, los cuales fueron extraídos de la misma comunidad en la que se realizó la investigación. La caracterización indica que el sustrato presenta las siguientes características: arena 60%, limo 13% y arcilla 27%; pH neutro (7.12), materia orgánica (3.2%), N total (0,12%), P disponible (13,02 ppm), K disponible (200.37 ppm).

Luego de que se recolectó el sustrato fue zarandeado para eliminar las partículas ajenas a este, seguidamente se efectuó la desinfección del sustrato utilizando agua hervida con la finalidad de controlar los microorganismos que puedan afectar el crecimiento y rendimiento de las plantaciones.

Para finalizar realizamos el correcto llenado de 2000 bolsas negras de polietileno las cuales medían 7x12 pulgadas y posteriormente los ubicamos en las parcelas destinadas.

d) Escarificación de las semillas

Para esta investigación se realizó 4 tratamientos de escarificación y 1 testigo.

- Lijadura de la testa de las semillas con lija para madera grano 36°: esta metodología consistió en lijar la capa superficial de las semillas o denominada testa para que la humedad pueda ingresar con facilidad hacia la nuez y se produzca la germinación.
- Exposición al sol y en arena por 48 horas: para este proceso colocamos las semillas seleccionadas de *J. neotropica* sobre una manta y lo expusimos a la luz solar hasta que estas se fisuren, luego de ello se agregó arena sobre las semillas para que se introduzcan en las aberturas, evitar el cierre y producir la germinación.
- Remojo nocturno de las semillas en agua fría por 48 horas con cambio de agua cada 12 horas: para esta metodología se utilizó un balde de 18 litros en el cual se agregó las semillas de nogal y se dejó reposar por 12 horas nocturnas, luego se cambió el agua y se dejó reposando por 12 horas nocturnas más hasta las 48 horas.
- Aplicación de las semillas en ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 95% por 1 minuto: para esta metodología se utilizó un vaso de vidrio en el cual se vertió el ácido sulfúrico, sobre él se agregó por partes las semillas de nogal. Luego, todas las semillas escarificadas con esta metodología se agregaron en un balde de 18 litros con agua corriente durante 30 minutos.
- Y un testigo al que no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo.

e) Sembrado

Luego que se escarificaron las semillas destinadas, estas fueron sembradas a una profundidad de 3 centímetros y de la siguiente manera:

- 400 semillas escarificadas mediante lijadura de testa fueron sembradas en 4 parcelas elegidas al azar.
- 400 semillas escarificadas mediante exposición al sol y en arena por 48 horas se sembraron en 4 parcelas elegidas al azar.
- 400 semillas escarificadas mediante remojo en agua fría por 48 horas con cambio cada 12 horas sembradas en 4 parcelas elegidas al azar.
- 400 semillas escarificadas usando ácido sulfúrico al 95% por el tiempo de 1 minuto y sembradas en 4 parcelas elegidas al azar.
- Finalmente 400 semillas sembradas sin ningún tratamiento en 4 parcelas elegidas al azar.

f) Actividades culturales en el vivero

En el tiempo de germinación de las plántulas se realizó riegos diarios e interdiarios, además deshierbo oportuno y limpieza en todo el vivero.

3.4.3. Registro de datos

Los datos fueron recolectados durante 163 días, desde el 17 de agosto de 2021 hasta el 26 de noviembre de 2021, registrando estos en un cuaderno de campo en el que se anotó la fecha de evaluación, cantidad de días que han pasado después de la siembra, el tratamiento utilizado, la repetición, el número de semillas emergidas por día y por tratamiento y algunas observaciones.

3.4.4. Equipos, materiales e insumos

Equipos

- Cámara fotográfica.
- GPS.
- Laptop TOSHIBA CORE i5.
- Balanza analítica.
- Vernier digital.

- Ácido sulfúrico.
- Cinta métrica.
- Vernier.
- Palanas.
- Zapapicos.
- Carretilla.
- Balanza.
- Lijas.

Materiales para toma de datos

- Papel bond A4.
- Libreta de campo.
- Palitos de chupete.
- Tablero.
- Lapiceros.
- Lápiz.
- Borrador, tajador, marcadores.

- Lampas.
- Plástico.
- Letreros.
- Madera para soporte.
- Malla raschel.
- Bolsas de polietileno.
- 2000 semillas de nogal.
- Arena.
- Materia orgánica.
- Fungicida

Materiales e insumos para

vivero

3.5.Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

La población experimental abarca el total de las semillas de 04 árboles de *J. neotropica* Diels ubicados en la comunidad de Lucma la Unión distrito de Bambamarca.

3.5.2. Muestra

El tamaño de muestra es de 2000 semillas, divididas en 100 semillas por unidad experimental (20 unidades experimentales, 5 tratamientos 4 repeticiones).

3.5.3. Muestreo

Se utilizó el muestreo aleatorio simple, en la que cada unidad experimental tuvo igual posibilidad de ser escogida y fue incluida en las muestras para su respectiva evaluación.

3.6. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

La técnica de recolección de datos fue la observación directa diariamente y los instrumentos de recolección de datos fueron el cuaderno de campo (Anexo 2) y ficha de laboratorio (Anexo 3), además, se realizó un registro fotográfico.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se tabularon los datos en Microsoft Excel (versión 2019), posteriormente fueron sometidos a prueba de normalidad de datos de Shapiro Wilk; siendo normales, los datos fueron sometidos a análisis de varianza mediante ANOVA, en seguida las medias fueron analizadas mediante la prueba de Tukey. Los indicadores con distribución no normal fueron sometidas a la prueba de Kruskal Wallis. El nivel de significación en cada prueba fue de 0,05 y se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 28.

Así mismo se calculó los índices de germinación establecidos por las normas ISTA que se detallan a continuación (González & Orozco, 1996):

- Tiempo de dormancia o latencia: es el tiempo transcurrido antes que inicie la germinación después de que las semillas han sido puestas a germinar.

- Coeficiente de velocidad de germinación: hace referencia “al número de semillas germinadas relacionado inversamente con el tiempo y el número de semillas germinadas por día”. Es una medida de la distribución de la germinación en el tiempo en relación con el número de semillas germinadas.

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} 100$$

CV = Coeficiente de velocidad (1)

n_i = número de semillas germinadas el día i (2)

t_i = número de días desde la siembra (3)

- Tiempo promedio de germinación: “es el tiempo promedio que necesitan las semillas para germinar”.

$$T = \frac{\sum (n_i t_i)}{\sum n_i}$$

T = tiempo promedio de germinación (1)

t_i = número de días después de la siembra (2)

n_i = número de semillas germinadas el día i (3)

- Índice de germinación: “hace referencia al número de semillas germinadas al día por el número de días después de la siembra sobre el total de las semillas sembradas”.

$$IG = \frac{\sum (n_i t_i)}{N}$$

IG = índice de germinación (1)

n_i = número de semillas germinadas el día i (2)

t_i = número de días después de la siembra (3)

N = total de semillas sembradas (4)

- Velocidad de germinación: “es la relación del número de semillas germinadas con el tiempo de germinación”.

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right)$$

M = velocidad de germinación (1)

n_i = número de semillas germinadas el día i (2)

t = tiempo de germinación desde la siembra hasta que germina
la última semilla (3)

3.8. Aspectos éticos

La investigación se desarrolló siguiendo el método científico por lo que se presenta información veraz, se asigna la autoría de las fuentes de información utilizadas y se enmarca en la ética de investigación; asimismo, en la investigación se respetó la integridad del ambiente, minimizando los impactos negativos en la experimentación.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los siguientes datos presentan resultados de la germinación de semillas de *J. neotropica* Diels sometidas a cuatro tratamientos pregerminativos y un testigo. Si bien los indicadores propuestos por diversos autores y utilizados en el procesamiento de datos indican el término germinación, lo que se evaluó en la presente investigación fue la emergencia.

4.1.Descripción de resultados

En la tabla 2 se presenta los resultados del análisis de normalidad de datos realizado con Shapiro Wilk (nivel de significación de 0,05) dado que son menos de 50 datos los sometidos a la prueba.

Tabla 2

Análisis de normalidad

Indicador de germinación	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de dormancia	,852	20	,006
Coeficiente de velocidad	,938	20	,223
Tiempo promedio de germinación	,977	20	,897
Índice de germinación	,967	20	,696
Velocidad de germinación	,966	20	,664
Porcentaje final de germinación	,979	20	,920

Los datos presentan una distribución normal (p value mayor a 0,05), exceptuando el tiempo de dormancia (p value menor a 0,05); ello implica la utilización de métodos paramétricos para el primer grupo y métodos no paramétricos para el segundo.

Se han usado métodos analíticos para el análisis estadístico (Tabla 2) con el fin de describir el comportamiento germinativo de las semillas como lo recomienda (González & Orozco 1996).

A continuación, se presenta los resultados del análisis estadístico mediante ANOVA (Anexo 4) y prueba de Tukey (nivel de significación de 0,05) según índice de germinación establecidos por las normas ISTA, exceptuando el tiempo de dormancia.

Tabla 3

Indicadores del análisis de germinación de las semillas según normas ISTA.

Indicador	Unidad de medida	Tratamiento					ANOVA
		T1	T2	T3	T4	T5	Sig.
Coefficiente de velocidad	Adimensional	1,00±0,04ab	1,16±0,08a	1,08±0,03ab	0,97±0,05ab	0,92±0,03b	0,037
Tiempo promedio de germinación	Días	100,40±3,82ab	87,43±6,39b	92,69±2,44ab	103,61±6,02ab	107,95±3,11a	0,043
Índice de germinación	Adimensional	13,08±0,29a	9,32±1,20ab	4,85±0,74b	9,11±2,81ab	9,91±0,85ab	0,020
Velocidad de germinación	Adimensional	0,32±0,01a	0,27±0,02a	0,15±0,01a	0,23±0,08a	0,24±0,03a	0,069
Porcentaje final de germinación	Adimensional	51,00±1,08a	38,25±2,87ab	20,75±2,72b	35,75±11,37ab	37,00±4,06ab	0,031

Nota 1: media ± error estándar y letra.

Nota 2: Letras diferentes indican que hay diferencia estadística significativa entre condiciones de estudio según la prueba de Tukey (nivel de significación 0,05).

Donde:

T1: Lijadura de testa.

T2: Exposición al sol y en arena por 48 horas.

T3: Remojo en agua fría por 48 horas.

T4: Aplicación de ácido sulfúrico.

T5: Testigo.

El tiempo de dormancia se evaluó considerando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, resultados que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Prueba de Kruskal Wallis para tiempo de dormancia

Muestra 1-...	Estadístico de contraste	Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
2-3	-1,875	4,172	-,449	,653	1,000
2-4	-6,375	4,172	-1,528	,127	1,000
2-1	9,125	4,172	2,187	,029	,287
2-5	-10,750	4,172	-2,577	,010	,100
3-4	-4,500	4,172	-1,079	,281	1,000
3-1	7,250	4,172	1,738	,082	,823
3-5	-8,875	4,172	-2,127	,033	,334
4-1	2,750	4,172	,659	,510	1,000
4-5	-4,375	4,172	-1,049	,294	1,000
1-5	-1,625	4,172	-,389	,697	1,000

Se evidencia en la prueba no paramétrica diferencia significativas (p value 0,045) en el tiempo de dormancia de los tratamientos T2 y T1, T2 y T5, y T3 y T5.

Tabla 5

Media ± error estándar del tiempo de dormancia

Indicador	Tiempo de dormancia (Días)
Kruskal Wallis	0,045
Sig.	
T1	73,5±1,85
T2	64,5±1,55
T3	65,25±0,85
T4	74,25±7,11
T5	75,75±3,35

4.1.1. Dormancia

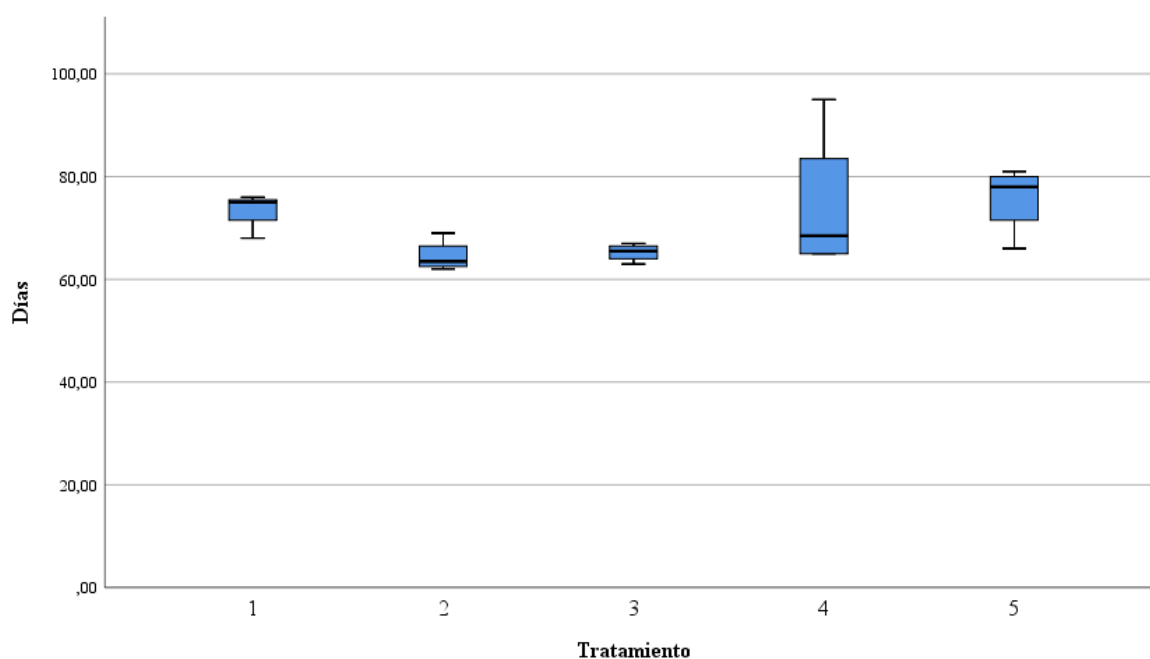
4.1.1.1. Tiempo de dormancia

El tiempo de dormancia indica el bloqueo que se da, para que la emergencia de la radícula de las semillas intactas y viables se dé en condiciones favorables (Lobo et al., 2007).

Se encontró diferencia estadística significativa en el tiempo de dormancia luego de aplicar algunos tratamientos pregerminativos (p value 0,045), evidenciándose que el tiempo de dormancia del T1 es superior al T2, si se contrasta el T5 con el T2, el primero es superior; similar situación se registró en la comparación del T5 y T3.

Figura 3

Tiempo de dormancia de las semillas por tratamiento luego de la siembra



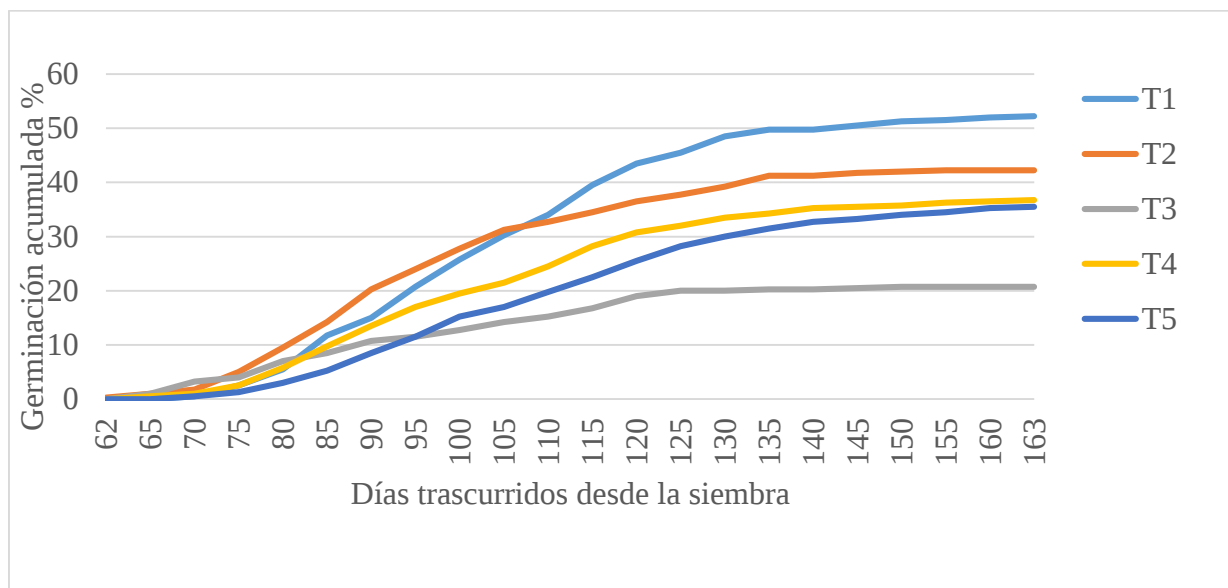
En la Figura 3 se presenta el tiempo de dormancia de las semillas por tratamiento, siendo el T2 (exposición al sol y en arena por 48 horas) el que presenta un menor valor promedio 64,5 días, con un mínimo de 62 días y un máximo de 151 días.

4.1.2. Germinación

4.1.2.1. Germinación acumulada

Figura 4

Germinación acumulada por tratamiento.



En la figura 4 se muestra la germinación acumulada hasta día 163 después de la siembra. Se evidencia que en el T1 (lijadura de la testa), al término del periodo de evaluación, la germinación acumulada es mayor (52,25%) que la germinación de los demás tratamientos. Se aprecia también que el T3 (remojo en agua fría por 48 horas) presenta una menor germinación acumulada (20,75%), no siendo recomendable su aplicación.

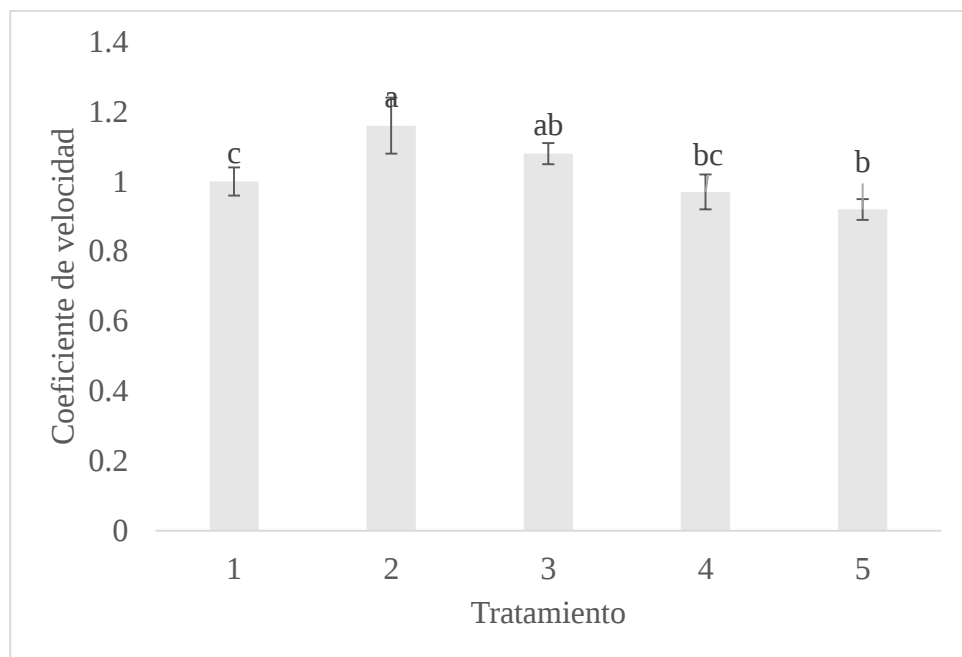
4.1.3. Coeficiente de velocidad

González & Orozco (1996) indican que este coeficiente representa una medida de la distribución de la germinación en el tiempo en relación con el número de semillas germinadas.

Se evidencia que existe diferencia estadística significativa en el coeficiente velocidad de los tratamientos (p value 0,037), siendo los tratamientos estadísticamente similares T1 (lijadura de la testa), T3 (remojo en agua fría por 48 horas) y T4 (aplicación de ácido sulfúrico) con $1,00\pm0,04ab$, $1,08\pm0,03ab$ y $0,97\pm0,05ab$, respectivamente, y el T2 (exposición al sol y en arena por 48 horas) superior, lo cual implica que en estos tratamiento, la germinación se distribuye en un tiempo menor en comparación al testigo.

Figura 5

Coeficiente de velocidad por tratamiento.



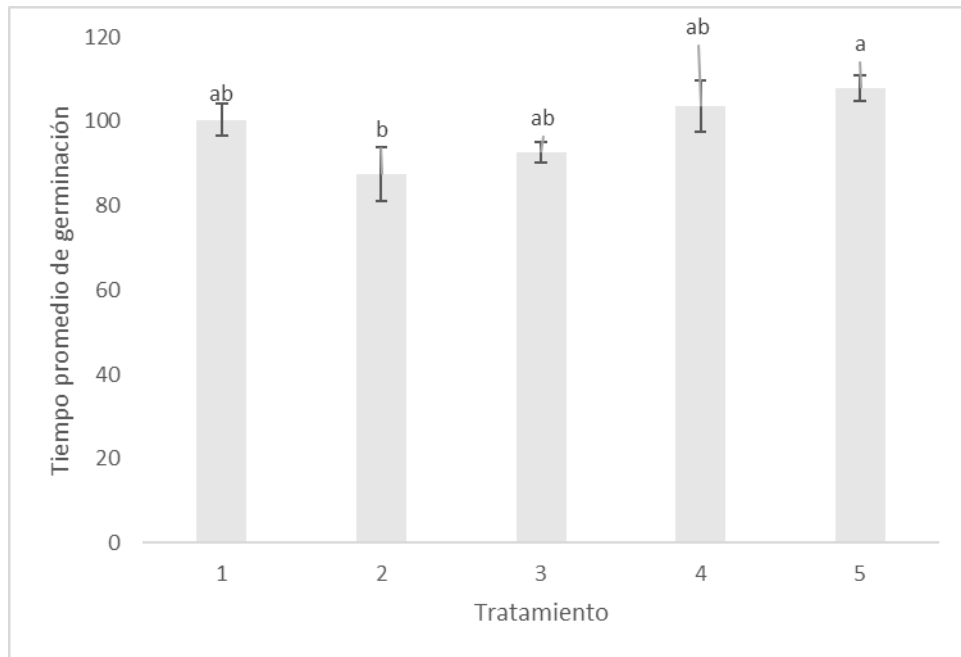
4.1.4. Tiempo promedio de germinación

Se evidencia diferencia estadística significativa (p value 0,043) en el tiempo promedio de germinación entre tratamientos (Figura 6). En promedio, las semillas para germinar en el T2 (exposición al sol y en arena por 48 horas) requieren menor cantidad de tiempo ($87,43\pm6,39b$) en comparación a los

demás tratamientos. El tratamiento en el que se requiere mayor cantidad de tiempo para la germinación es T5 (testigo) con $107,95 \pm 3$, 11a días.

Figura 6

Tiempo promedio de germinación.

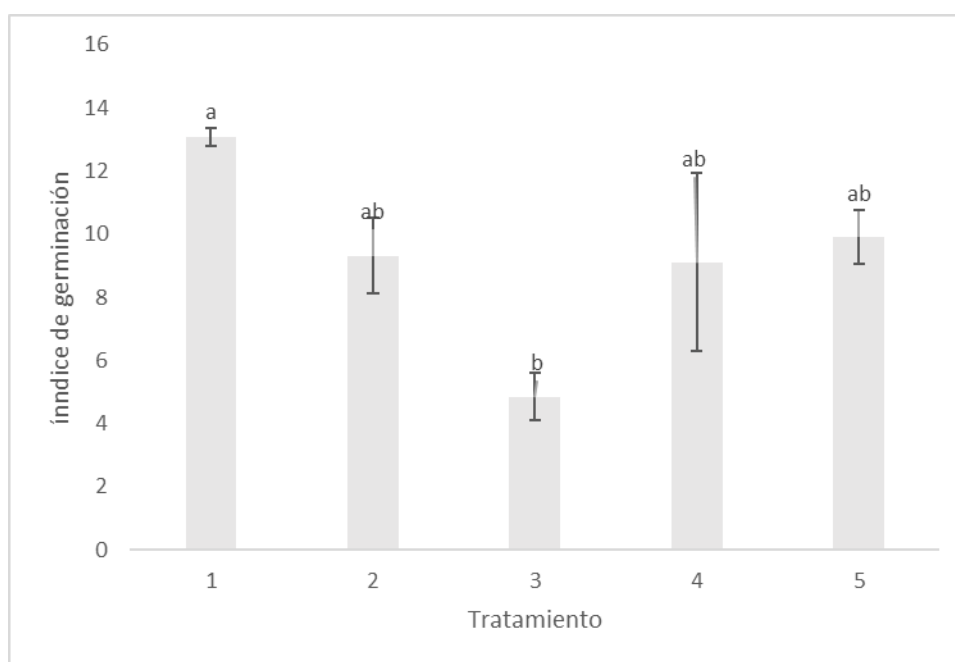


4.1.5. Índice de germinación

Se evidencia diferencia estadística significativa (p value 0,020) en el índice de germinación por tratamiento pre germinativo. La capacidad de germinación del T1 (lijadura de la testa) ($13,08 \pm 0,29a$) es superior a los demás tratamientos, siendo el T3 (remojo en agua fría por 48 horas) el que presenta el menor índice de germinación ($13,08 \pm 0,29a$).

Figura 7

Índice de germinación.



4.1.6. Velocidad de germinación

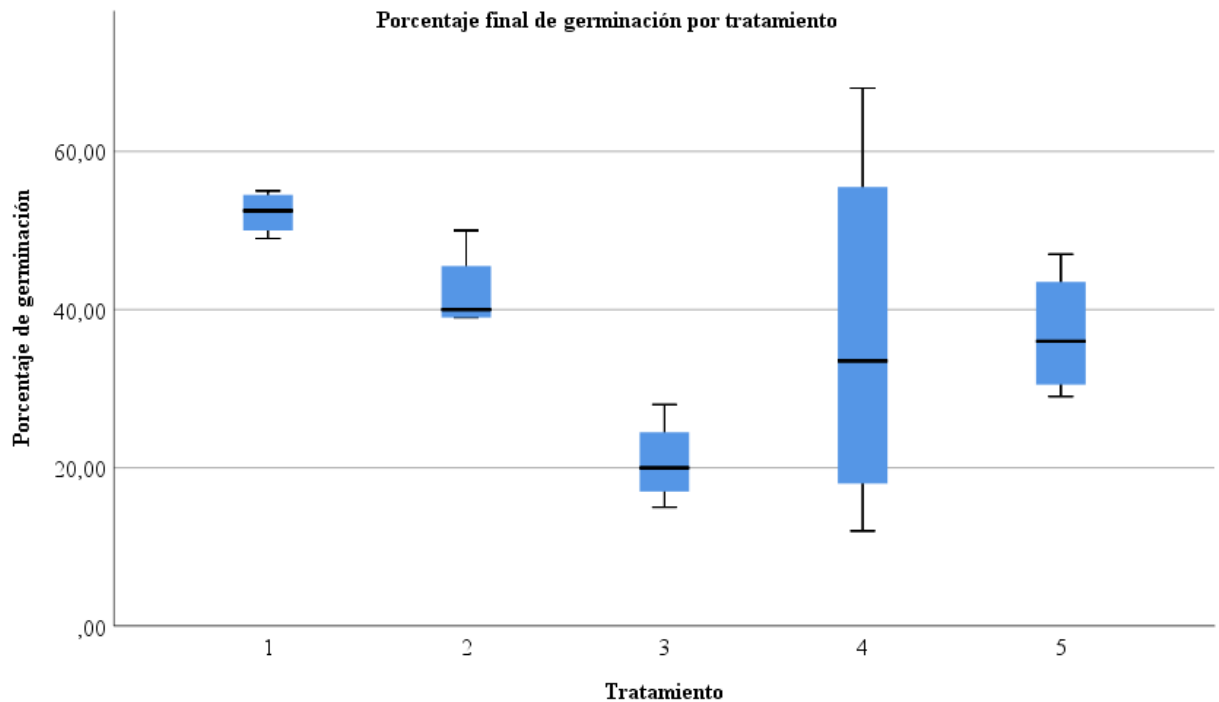
En la tabla 3 se presenta la velocidad con la que han germinado las semillas de nogal en relación al tiempo, empezando desde el día que germinó la primera semilla hasta el día que germinó la última semilla. No se evidencia diferencias significativas (p value 0,069) en la velocidad de germinación de la semilla, evidenciándose que los tratamientos no ejercieron influencia en este indicador.

4.1.7. Porcentaje final de germinación

A continuación, se presenta un diagrama de cajas en el que se simboliza el porcentaje final de germinación de los cinco tratamientos pregerminativos

Figura 8

Porcentaje de germinación por tratamiento.



En la figura 8 se presenta el porcentaje de germinación de las semillas por cada tratamiento, registrándose diferencias significativas entre tratamientos (p value 0,031), siendo el T1 (lijadura de la testa) el que presenta mayor porcentaje de germinación con 51,00 % y el T3 (remojo en agua fría por 48 horas) el que presenta el menor porcentaje, con 20,75 %.

4.2. Contrastación de la hipótesis

En las tablas 3, 4 y 5 se evidencia los resultados de la contrastación de hipótesis, de las cuales se deduce que los tratamientos pregerminativos mecánicos y químicos ayudan a superar la dormancia de las semillas pues disminuyen el tiempo de latencia, aceleran la germinación e incrementan el porcentaje de germinación de las semillas de *J. neotropica*; por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, la cual

indica que los tratamientos mecánicos y químicos quiebran la dormancia en semillas de *J. neotropica*.

4.3.Discusión de resultados

4.3.1. Dormancia

4.3.1.1.Tiempo de dormancia

Se encontró diferencias significativas ($p=0,045$) en el tiempo de dormancia de las semillas sometidas a tratamientos pregerminativos físicos y químicos, siendo el T2 (exposición al sol y en arena por 48 horas) en el que se registró menor tiempo antes del inicio de la emergencia. Los resultados son similares a los registrados por Azas (2016) en semillas de *J. neotropica* quien encontró que cuando se aplica como tratamiento pregerminativo solarización por 48 horas genera un tiempo de dormancia de 74 días iniciando la germinación el día 36 y culmina el día 110. No obstante, este indicador se ha registrado hasta un valor máximo de 151 días, lo que no concuerda con los resultados del autor mencionado.

La pronta germinación del T2 (exposición al sol y en arena por 48 horas) puede deberse a que las semillas al ser expuestas al sol producen fisuras en las cuales se introduce la arena evitando que se cierren, ello permite que ingrese con más facilidad el agua y oxígeno generando que emerja el embrión, como lo manifiesta (Gómez, 2010).

El T3 (remojo en agua fría por 48 horas) es el siguiente tratamiento que presenta un menor periodo de dormancia, con 64,5 días con un mínimo de 63 días y un máximo de 148 días. Estos

resultados son similares a los presentados por Ramírez et al. (2023) quien obtuvo un menor tiempo de latencia al exponer semillas de *J. neotropica* en agua corriente durante cinco días.

El T4 (aplicación de ácido sulfúrico) produjo un tiempo de dormancia de 74,25 días con un mínimo de 65 días y un máximo de 162 días y finalmente el T5 (testigo) produjo una dormancia de 75,75 días con un mínimo 66 días y un máximo de 161 días.

Se evidencia que los tratamientos mecánicos T1, T2 y T3 ejercen mayor influencia en la disminución del tiempo de dormancia, el tratamiento químico T4, en promedio, registró un mayor tiempo de dormancia. En el tratamiento control (sin aplicación de tratamiento pregerminativo) el tiempo de dormancia es mayor. En comparación con Ochoa (2019) que menciona que el tratamiento mecánico (T° de -50°C a -90°C) puede llegar a eliminar la dormancia en leguminosas.

4.3.2. Germinación

4.3.2.1. Germinación acumulada

Se registró una tendencia de la germinación acumulada creciente en el tiempo en el T1 (lijadura de la testa), siendo también este tratamiento el que registró el mayor porcentaje de germinación (52,25%). Silva (2017), usando el corte mecánico de la semilla de *J. neotropica*, a los 40 días después de la siembra obtuvo 47,75% de germinación, siendo este similar al registrado en la presente investigación; además, Ramírez et al. (2023), concluyó que todos los tratamientos aplicado en semillas de *J. neotropica* presentaron

porcentajes significativamente superiores en comparación con el testigo.

4.3.3. Coeficiente de velocidad

Se evidenció diferencias estadísticas significativas ($p= 0,037$) en el coeficiente de velocidad, demostrando que la aplicación de tratamientos mecánicos y químicos incrementan la velocidad de germinación, evaluada a través de la emergencia (Figura 5). Palomeque et al. (2017) indica que mientras más alto es el coeficiente de velocidad de germinación, menor será el tiempo de germinación, se presentará una alta sincronía y alto porcentaje de germinación, lo cual es similar a lo registrado en esta investigación en el tratamiento con mayor valor (T2 – exposición al sol y en arena por 48 horas), pues el porcentaje de germinación registrado es el segundo más alto (38,25 %) de todo el experimento, y la germinación inició antes (64,5 días).

El coeficiente de velocidad permite conocer la rapidez con la que la semilla germina (Buendía et al., 2018), observando que con la aplicación de tratamientos pre germinativos mecánicos (T3 y T2), la germinación es más temprana y sincrónica; no obstante, ello no garantiza que el porcentaje de germinación sea más alto. No se evidencia que la aplicación de tratamientos químicos genere un efecto significativo en el coeficiente de velocidad, respecto al testigo. Ello indica que la germinación de estos tratamientos se distribuye en un periodo más corto de tiempo o la combinación de los tiempos de germinación de cada semilla (Gilles, 2007).

La importancia de la rapidez y sincronía en la germinación radica en que las plántulas tendrán condiciones homogéneas de crecimiento, caso contrario

ocurre cuando la germinación se distribuye en un periodo más largo, donde las últimas semillas germinadas encontrarán condiciones más limitantes (principalmente luz) para su crecimiento.

4.3.4. Tiempo promedio de germinación

Se registró diferencias estadísticas significativas (0,043) en el tiempo promedio de germinación, evidenciándose el resultado de los presentes tratamientos físicos y mecánicos para superar la dormancia de semillas de *J. neotropica*, pues el tiempo promedio superior de germinación se registró en el testigo (T5) y un menor tiempo en el T2 (exposición al sol y en arena por 48 horas), siendo 107,95 y 87,43 días, respectivamente. Los resultados son similares a los que presentó Azas (2016), el cual, aplicando el método de esmerilado de la cubierta gruesa de las semillas de *J. neotropica* consiguió el menor tiempo de germinación (36 días) y usando el método de inmersión de las semillas por 48 horas obtuvo un tiempo de germinación de 69 días, siendo el tiempo mayor el tratamiento de solarización por 24 horas el cual generó un tiempo de germinación de 77 días. Además, este mismo autor afirma que la primera semilla germinada se dio el día 28 después de la siembra usando el método de esmerilado.

Al realizar lijadura de testa (T1), la impermeabilidad al agua se ha eliminado, permitiendo la imbibición de la semilla e inicio de la germinación en menor cantidad de tiempo.

Acelerar el tiempo promedio de germinación permite obtener plántulas en menor cantidad de tiempo; y, por tanto, reducción de costos de mantenimiento

en vivero y menor riesgo de pérdida de plantas por factores climáticos o ataque de plagas y enfermedades.

4.3.5. Índice de germinación

Se evidencia diferencias estadísticas significativas ($p=0,02$) en el índice de germinación de los tratamientos pre germinativos utilizados para superar la dormancia y el testigo, registrándose un valor más alto en el T1 (lijadura de testa), pues presenta el mayor índice de germinación, lo cual indica que la capacidad de germinación en relación al tiempo es superior.

Rodríguez et al. (2014) mencionan que “el índice de germinación es un indicador de la interacción de los factores que promueven o inhiben la germinación, así como de los respectivos factores que favorecen o impiden el crecimiento de la radícula de las semillas”.

4.3.6. Velocidad de germinación

No se registraron diferencias estadísticas significativas ($p=0,69$) en la velocidad de germinación de las semillas del testigo y en las que fueron tratadas con métodos pregerminativos mecánicos y químicos. Los resultados son similares a los presentados por:

Cardoso et al. (2014), indica que al remover el pericarpio de semillas de Crambe acelera la velocidad de germinación pero disminuye su porcentaje final de germinación

Apodaca et al. (2019) evaluaron la velocidad de germinación en semillas de *Chiranthodendron pentadactylon*, al realizar escarificación mecánica + corte en la base de la semilla registraron el valor mayor (6,8) de velocidad de germinación y el testigo generó el menor valor.

Estos valores nos indica la velocidad con la que han germinado cierta cantidad de semillas en un día; a partir de eso se deduce que si mayor es el número de semillas germinadas, mayor será la velocidad y mayor el vigor de esa porción (Ponce, 2017).

Apodaca et al. (2019) indican que la velocidad de germinación aumenta en forma directa con la temperatura, respondiendo a oscilaciones cotidianas y estacionales; siendo necesario evaluar también esos parámetros.

4.3.7. Porcentaje final de germinación

Se encontró diferencias estadísticas significativas ($p=0,031$) en el porcentaje final de germinación, encontrándose que en el T3 (remojo en agua fría por 48 horas) el porcentaje es menor.

Gándara et al. (2022) utilizó estratificación desnuda, seguida por incubación a 30°C en semillas de nogal pecanero obteniendo un alto porcentaje de germinación, así como, una buena longitud de brote y raíz.

La investigación realizada por Apodaca et al. (2019) en semillas de *Chiranthodendron pentadactylon* (Malvaceae) produjo más de 77% de germinación al aplicar los métodos de (escarificación mecánica + estratificación en frío a 5°C durante 5 días), (escarificación mecánica + imbibición por 12 horas) y (escarificación mecánica + corte en la base de semilla), siendo estos datos similares a los obtenidos en la presente investigación.

Zapata et al. (2017) obtuvieron un resultado similar en semillas de *Ramorinoa girolae* ya que al aplicar el tratamiento mecánico de lijadura de la semilla produjo un 92 % de semillas germinadas, esto debido a que este

tratamiento permite que el agua ingrese al interior de la semilla ocasionando la imbibición y una rápida germinación.

Gutiérrez et al. (2011) al evaluar semillas de gulupa y granadilla encontraron que al escarificar de forma mecánica (corte de los extremos de la semilla) la germinación de gulupa alcanza 94 y 91 % y para granadilla 52 y 30 %. En cambio, aplicando escarificación química, alcanzaron un menor porcentaje de germinación para gulupa entre 0 y 27,5% y para granadilla entre 0 y 10% de semillas germinadas.

En la misma línea, Vargas et al. (2022) aplicó escarificación mecánica con tijera de podar a semillas de *Annona reticulata* concluyendo que mediante este método se obtiene mayores valores de porcentaje de germinación.

Se obtuvo menor porcentaje final de germinación en el T3 (remojo en agua fría por 48 horas) con 20,75 % de semillas germinadas, lo cual es similar a lo encontrado por Azas (2016) quien al sumergir semillas de la misma especie en agua por 48 horas a los 150 días después de la siembra obtuvo 34,3 % de semillas germinadas.

Ramírez et al. (2023) presentó mayor eficiencia en la germinación de semillas de *J. neotropica* al mantenerlas en agua corriente por cinco días con 80% de porcentaje final de germinación, lo cual difiere de la presente investigación.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los tratamientos mecánicos permiten reducir el tiempo de dormancia de las semillas de *J. neotropica*, pues se evidencia diferencias estadísticas significativas entre algunos tratamientos (T2 y T3) en comparación al testigo, evidenciándose que el periodo de dormancia se reduce al exponer la semilla al sol y arena por 48 horas a un valor promedio de 64,5 días o al remojarlas en agua fría por 48 horas a un valor promedio de 65,25 días.
- Los tratamientos mecánicos permiten acelerar la germinación y por tanto emergencia de plántulas, reduciendo el tiempo de germinación e incrementando el porcentaje de germinación de 51% en T1, 38,25% en T2 y 20,75% en T3.
- El ácido sulfúrico no ejerce influencia significativa en la reducción del tiempo de dormancia de las semillas de *J. neotrópica*, pero si en el coeficiente de velocidad con $0,97 \pm 0,05ab$ y tiempo promedio de germinación con $103,61 \pm 6,02ab$.

5.2. Recomendaciones

- A los próximos investigadores, se recomienda aplicar, de manera experimental en diferentes zonas altitudinales, otros tratamientos pre germinativos para superar la dormancia de la semilla y encontrar tratamientos idóneos para maximizar el porcentaje de germinación, ya que los resultados pueden variar de acuerdo a la altitud en la que se aplique el experimento.
- A personas interesadas en realizar investigación se recomienda realizar análisis de calidad de semilla y pruebas para superar la dormancia de las misma en especies nativas.
- A los investigadores se recomienda replicar el experimento, pero en condiciones de invernadero, con el fin de disminuir el efecto de las variables climáticas en los resultados de las investigaciones.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, P. (2020). *Efecto del sustrato enriquecido con Trichoderma spp. más citoquininas, en cinco métodos de escarificación en semillas de nogal (Juglans neotrópica Diels)* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14122>
- Álvarez, O., Pérez, C. M., & Bonilla, M. (2020). Evaluación de la viabilidad en semillas de de Pinus tropicales Morelet con diferente tiempo de almacenamiento. *Instituto de Información Científica y Tecnológica*, 22(1), 97–109. <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869115007/637869115007.pdf>
- Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. (2021). *Juglans neotropica Diels*. The Catalogue of Life Partnership. <https://doi.org/https://doi.org/10.15468/39omei>
- Apodaca, M., Cetina, V. M., Jasso, J., López, M. Á., González, H., Uscanga, E., & García, A. (2019). Ruptura de la latencia física y germinación de semillas de Chiranthodendron pentadactylon (Malvaceae). *Botanical Sciences*, 97(2), 211–217. <https://doi.org/10.17129/botsci.2094>
- Azas, R. (2016). *Evaluación del efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de nogal (Juglans neotropica Diels) en el recinto Pumin provincia de Bolívar* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10697/1/T-ESPE-002791.pdf>
- Bernard, A., Marrano, A., Donkpegan, A., Brown, P. J., Leslie, C. A., Neale, D. B., Lheureux, F., & Dirlewanger, E. (2020). Association and linkage mapping to unravel genetic architecture of phenological traits and lateral bearing in Persian walnut (*Juglans regia* L.). *BMC Genomics*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12864->

020-6616-y

- Buendía, M., Trejo, L., Corona, T., & Aguilar, V. (2018). Cadmio, talio y vanadio afectan diferencialmente la germinación y crecimiento inicial de tres variedades de chile. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 34(4), 737–749. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.04.14>
- Calderón, M. (2021). *Aplicación de biorreguladores y su influencia en la fisiología del nogal pecanero para mitigar la alternancia* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua]. <http://repositorio.uach.mx/347/1/Tesis.pdf>
- Cardoso, R., Nobre, D., David, A., Amaro, H., Borghetti, R., & Costa, M. (2014). Desempenho de sementes de crambe expostas á tratamentos pré-germinativos. *Acta Biologica Colombiana*, 19(2), 251–260. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/40756/44366>
- Díaz, A. (2019). *Identificación, aspectos morfológicos y fenológicos de las especies forestales nativas en el valle de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/493>
- Doria, J. (2010). Generalidades Sobre Las Semillas: Su Producción, Conservación Y Almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>
- Farrás, T. (2018). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Recursos Naturales*, 64–65. https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/180_2775.pdf
- Flechas, N., & Medina, R. (2021). Efecto del almacenamiento en la viabilidad, germinación vigor de semillas de Coffe arabica L. *Revista Cenicafé*, 72(2), 82–93.

<https://doi.org/https://doi.org/10.38141/10778/72206>

- Flores, P., Poggi, D., Garcia, S., Catraro, M., & Gariglio, N. (2017). Ruptura de la dormición y exigencias de luz para la germinación de semillas de *Juglans nigra*. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 16(2), 33–46.
<https://doi.org/10.14409/fa.v16i2.7018>
- Gándara, V., Perla, J. E., & Gutiérrez, M. A. (2022). Stratification and Incubation : Essential for Pecan Germination? *Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 11(22), 1–22.
<https://doi.org/10.23913/ciba.v11i22.114>
- Gilles, A. (2007). *Germinación, vigor, viabilidad, calidad y mejora de semillas de cebolla (Allium Cepa L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid].
https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/33854/1/TFC_ADAM_GILLES.pdf
- Gómez, S. (2010). *Reproducción y aclimatación de cuatro especies nativas forestales: Quinoa (Polylepis spp), Romerillo (Podocarpus sp), Nogal (Juglans regia), Arrayan (Myrcianthes sp) ” en El Campus Juan Lunardi*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1092/10/UPS-CT002081.pdf>
- González, L., & Orozco, A. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 58, 15–30. <https://doi.org/10.17129/botsci.1484>
- Gutiérrez, M. I., Miranda, D., & Cárdenas-Hernández, J. F. (2011). Efecto de tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.), granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) y cholupa (*Passiflora maliformis* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(2), 209–

219. <https://doi.org/10.17584/rcch.2011v5i2.1268>

Hurtado, L., Urgiles, N., Muñoz, J., Encalada, M., & Quichimbo, L. (2020). Applicability of the ISTA Standards : Quality analysis of forest seeds in the South of Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 44–57.
https://drive.google.com/file/d/1Cue9a0_0qsp_ImCXKArrYcYrZlUfRJxv/view

Hurtado, P., Jurado, B., Ramos, E., & Calixto, M. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico estandarizado de hojas de *Juglans neotropica* Diels (nogal peruano). *Rev. Soc. Quím Perú*, 81(3), 283–291.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i3.35>

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, I. (2015). *Juglans neotropica*, Cedro Grande Assessment by: Americas Regional Workshop (Conservation & Sustainable Management of Trees. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 8235.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32078A9672729>.
en

Lobo, M., Delgado, O., Cartagena, J. R., Fernández, E., & Medina, C. I. (2007). Categorización de la germinación y la latencia en semillas de chirimoya (*Annona cherimola* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.), como apoyo a programas de conservación de germoplasma. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 231–244.
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/18242>

Meza, C. L. (2017). *Efecto del ácido giberélico y la temperatura en la propagación sexual de Guayacán (Tabebuia chrysantha (Jacq.) G. Nicholson)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca-Jaén].
<http://190.116.36.86/handle/UNC/696>

- Ochoa, J. L. (2019). *Efecto de escarificación física en la germinación de semilla de alfalfa (Medicago sativa) variedad AGP 350* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1501>
- Ortiz, E., Acosta, C., Linares, P., Morales, Z., & Rebolledo, V. (2016). Selección de árboles semilleros de *Juglans pyriformis* Liebm. en poblaciones naturales de Coatepec y Coacoatzintla, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(38), 43–58. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63450027003>
- Ospina, C., Hernández, R., Aristazabal, F., Patiño, J., & Salazar, J. (2003). El cedro negro : una especie promisorio en la zona cafetera. In *Cenicafe* (Vol. 25, p. 41). <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot025.pdf>
- Palomeque, X., Maza, A., Iñamagua, J., Günter, S., Hildebrandt, P., Weber, M., & Stimm, B. (2017). Variabilidad intraespecífica en la calidad de semillas de especies forestales nativas en bosques montanos en el sur del Ecuador : Implicaciones para la restauración de bosques. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2), 52–72. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.3>
- Peña, D., Rocano, M., Salazar, J., & Torres, C. (2014). Inducción de la brotación in vitro de microplántulas de Nogal (*Juglans neotropica*) tratadas con Thidiazuron (TDZ) y 6-Bencilaminopurina (BAP). *Revista Maskana*, 5(2), 81–85. <https://doi.org/10.18537/mskn.05.02.07>
- Pérez, J., & Quenta, E. (2015). Germinación in vitro de embriones de Nogal (*Juglans boliviana*). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 3(1), 15–23. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v3n1/v3n1_a03.pdf
- Ponce, J. A. (2017). *“Tratamientos Pregerminativos en semillas de Castaña (Bertholletia excelsa HBK) en fase de laboratorio - Tingo Maria* [Tesis de

- pegrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1309/JEPA_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quintero, O., & Jaramillo, S. (2012). Rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros de cedro negro (*Juglans neotropica* Diels). *Acta Agronomica*, 61(1), 52–60. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n1/v61n1a07.pdf>
- Quiroz, J. (2019). *Efecto del ácido giberélico en la germinación de semillas de Hieronyma asperifolia Pax & K. Hoffm. (Chupica)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2854>
- Quispe, J. F. (2014). *Análisis de germinación de la semillas botánica de algarrobo (Prosopis pallida Kunth) utilizando cinco tratamientos pre germinativos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].
http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/394/T_F03_Q6_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramírez, J. L., Oyos, E. A., & Chagna, E. J. (2019). Almacenamiento de carbono en plantaciones de *Juglans neotropica* Diels, con y sin asocio de *Coffea arabica* L. *Ciencias Ambientales/Environment Sciences*, 12(2), 73–80.
<https://doi.org/https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.330>
- Ramírez, J., Vallejos, H., & Añazco, M. (2023). Evaluación de tratamientos pre-germinativos es semillas de *Juglans neotropica* Diels en el norte del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 13(1), 83–93.
<https://doi.org/https://doi.org/10.54753/blc.v13i1.1737>
- Ramos, R. A., Vera, R., Grijalva, J. E., & Ramos, M. R. (2022). Biomasa anhidra en

- plántulas de *Juglans neotropica* Diels, en la etapa de vivero. *Alfa Publicaciones*, 4(3.2), 97–114. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.2.280>
- Ramos, R., Murillo, O., & Gallo, L. (2020). Potencial de mejoramiento genético en *Juglans neotropica* Diels, a los 10 meses de edad en Tunshi, Chimborazo. *KnE Engineering*, 562–575. <https://doi.org/10.18502/keg.v5i2.6278>
- Rodríguez, A., Robles, C., Ruíz, R., López, E., Sedeño, J., & Rodríguez, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del río Chalma. *Revista Internacional de Contaminación Del Ambiente*, 30(3), 307–316. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n3/v30n3a7.pdf>
- Rodríguez, J. L., & Aguilar, C. (2019). Estructura morfológica, germinación y vigor de semillas de *Juglans jamaicensis* c. dc. del parque nacional turquino. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 297–304. <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/475>
- Romero, E. P., Pelayo, W. V., Ojalora, A., & Ortiz, M. T. (2020). Evaluación de la calidad de semillas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Palicero en el banco de semillas de la Universidad Libre. *Avances Investigación En Ingeniería*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5897>
- Rosero, E. (2011). *Estudio del efecto de fertilización en el establecimiento del cultivo de nogal (juglans neotropica Diels), en la granja experiemetal Tunshi*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/779>
- Sánchez, A., & Vásquez, C. (2010). *Mapa climático Departamento de Cajamarca*. <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/MapaClimatico.pdf>

Septimo, R. E. (2020). *Efecto de la fitohormona en la germinación de las semillas de nogal (Juglans pyriformis Liebmman), en el invernadero de la ciudad universitaria Shancayán*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo].

http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4605/T033_45279611_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Silva, G. (2017). *Metodologías de escarificación para la producción de plantones de nogal (Juglans neotropica, Diels), en Rodríguez de Mendoza, Amazonas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].

<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1198/Tesis-GelverSilva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

The International Seed Testing Association. (2016). Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas. In *Seed Science and Technology* (Vol. 27, p. 333).

https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf

Toro, E., & Roldán, I. (2018). State of the art, propagation and conservation of *Juglans neotropica* Diels., in Andean zones. *Madera y Bosques*, 24(1), 1–42.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v24n1/1405-0471-mb-24-01-e2411560.pdf>

Torres, M. (2019). *Tratamiento mecánico, físico y químico de la semillas en la germinación y emergencia de plántulas de Tara (Caesalpinia spinosa)(Molina)Kuntza. Arequipa 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María].

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/8939/4I.0298.AG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Varela, S., & Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos

pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, 1(3), 1–10.

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf

Vargas, G., López, D., & Pire, R. (2022). Morfología del fruto y semilla, y tratamientos pregerminativos de *Annona reticulata*. *Caldasia*, 44(2), 231–240.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n2.90873>

Villada, J., Gallego, M., Vargas, A., Quiceno, C., Parra, F., & Guerra, G. (2021). *Lista anotada de las especies forestales sembradas en el programa de restauración ecológica participativa ReverdeC. Celsia Colombia*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15472/epdesv>

Zambrano, A. (2018). *Superación de la latencia en semilla de kudzu tropical (Pueraria phaseoloides)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3565>

Zapata, D., & Ruiz, F. (2020). Enseñanza de la argumentación en básica primaria: estudio de caso sobre las perspectivas del concepto germinación de semillas. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 16(2), 68.
<https://doi.org/10.17151/rlee.2020.16.2.5>

Zapata, R. M., Azagra, C., & Karlin, M. S. (2017). Tratamientos pregerminativos para la ruptura de la dormición en semillas de tres poblaciones de *Ramorinoa girolae*, leñosa endémica de zonas áridas en Argentina. *Bosque*, 38(2), 237–245.
<https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200002>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia interna.

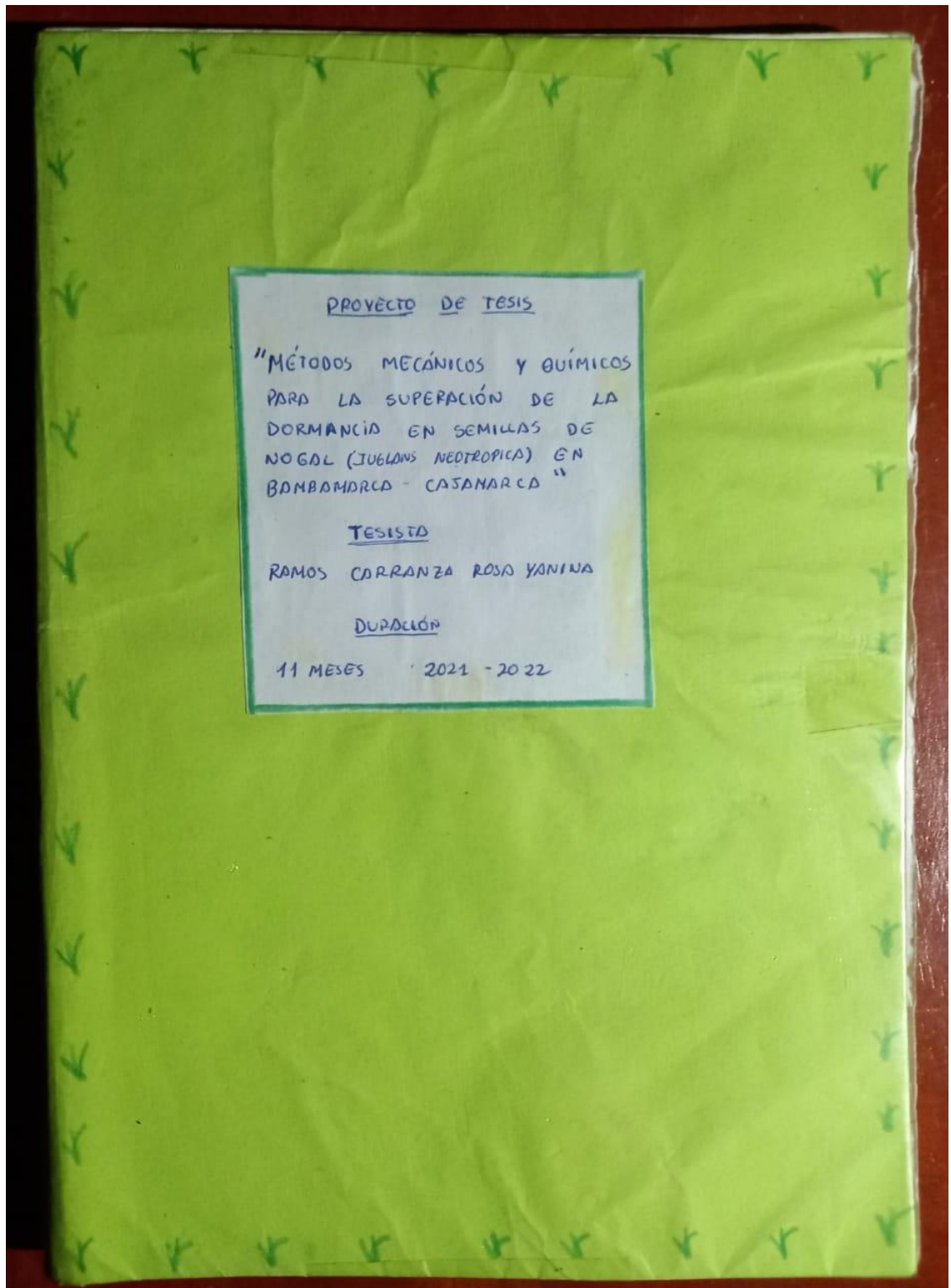
Tabla 6
Matriz de consistencia interna

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y=f(x)	Indicadores	Diseño de la investigación
Métodos mecánicos y químicos para superar la dormancia en semillas de nogal (<i>Juglans neotropica</i> Diels) en Bambamarca, Cajamarca.	Problema general: ¿Que método es más eficiente para superar la dormancia en semillas de <i>J. neotropica</i> Diels en Bambamarca, Cajamarca?	Determinar el método mecánico y químico para superar la dormancia en semillas de nogal (<i>Juglans neotropica</i> Diels) en Bambamarca, Cajamarca.	H ₀ : Los tratamientos mecánicos y químicos superan la dormancia de las semillas de <i>J. neotropica</i> Diels en Bambamarca, Cajamarca.	Variable independiente: Métodos mecánicos y químicos	- Número de semillas con testa lijada. - Número de semillas expuestas al sol y arena por 48 horas. - Número de semillas remojadas en agua fría por 48 horas. - Número de semillas con de ácido sulfúrico.	El estudio será conducido mediante el Diseño Completamente al Azar con 4 tratamientos y 1 testigo, 4 repeticiones y 100 semillas por parcela experimental.
Problemas específicos: P1: ¿Es el método mecánico el más eficiente para superar la dormancia en las semillas de <i>J. neotropica</i> Diels en Bambamarca, Cajamarca?		Evaluar el efecto de los tratamientos mecánicos en la ruptura de la dormición de semilla de nogal (<i>Juglans neotropica</i>	H ₁ : Los tratamientos mecánicos y químicos no superan la	Variables dependientes: Germinación de semillas de <i>J. neotropica</i> :	- Número de semillas dormantes. - Número de semillas	

P2: ¿Es el método químico el más eficiente para superar la dormancia en las semillas de <i>J. neotropica</i> en Bambamarca, Cajamarca?	Diels). Evaluar el efecto de los tratamientos químicos en la ruptura de la dormición de semilla de nogal (<i>Juglans neotropica</i> Diels).	dormancia de las semillas de <i>J. neotropica</i> Diels en Bambamarca, Cajamarca.	-Porcentaje de germinación. -Coeficiente de velocidad. -Tiempo promedio de germinación. -Índice de germinación. -Velocidad de germinación.	germinadas con relación al tiempo. • Tiempo en el que germinan las semillas. • Número de semillas germinadas. • Número de semillas germinadas en el periodo de germinación.
--	---	---	--	--

Métodos mecánicos y químicos para la superación de la dormancia en semillas de nogal
(*Juglans neotropica*) en Bambamarca, Cajamarca.

Anexo 2. Cuaderno de campo.



Métodos mecánicos y químicos para la superación de la dormancia en semillas de nogal (*Juglans neotropica*) en Bambamarca, Cajamarca.

Anexo 3. Ficha de laboratorio.


Tecnología y Desarrollo Agrícola J.D. S.R.L.
 Urb. J. Hurtado Miller J - 8 (Baños del Inca)
 RUC 20529318511

EVALUACION DE SUELOS			
Fecha	6/01/2022	N° Registro	JD22-0001
Usuario	ROSA YANINA RAMOS CARRANZA		
Procedencia de la muestra	Provincia	HUALGAYOC	
	Distrito	BAMBAMARCA	
	Comunidad	LUCMA LA UNION	
	Predio	0	
Parcela	INVESTIGACIÓN		
Nombre del cultivo	0		

Resultados de la Evaluación		
Determinaciones	Resultados	Clasificación
Arena (%)	60.00	Fr.Ar.A.
Limo (%)	13.00	
Arcilla (%)	27.00	
Reacción actual (pH)	7.12	Neutro
Reacción potencial (pH)	5.81	-
Al cambiabile (me/100g)	0.00	Bajo
Calcáreo total (%)	0.63	Bajo
C. E. (µmohs/cm)	763.50	Libre de sales
C. E. actual (µmohs/cm)	714.00	-
M.O. (%)	3.20	Medio
N total (%)	0.12	Medio
P disponible (ppm)	13.02	Medio
K disponible (ppm)	200.37	Alto
C.C.C.(r) (me/100g)	19.60	Alto
Ca cambiabile (me/100g)	13.88	-
Mg cambiabile (me/100g)	1.39	-
K cambiabile (me/100g)	0.69	-
Na cambiabile (me/100g)	0.01	-
Saturación de bases (%)	81.51	Alto
Acidez de cambio (me/100g)	3.63	Bajo

NOTA: El presente análisis ha sido realizado con fines de abonamiento
La utilización para otros fines es responsabilidad del usuario.


Ing. Oscar Narváez Tejada
 CIP. 20175
Jefe de Laboratorio

Anexo 4. Prueba ANOVA

Tabla 7
Prueba ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
				a		
Coeficiente de velocidad	Entre grupos	,138	4	,034	3,359	,037
	Dentro de grupos	,154	15	,010		
	Total	,291	19			
Tiempo promedio de germinación	Entre grupos	1101,259	4	275,315	3,207	,043
	Dentro de grupos	1287,694	15	85,846		
	Total	2388,953	19			
Índice de germinación	Entre grupos	137,996	4	34,499	4,035	,020
	Dentro de grupos	128,239	15	8,549		
	Total	266,235	19			
Velocidad de germinación	Entre grupos	,065	4	,016	2,731	,069
	Dentro de grupos	,089	15	,006		
	Total	,154	19			
Porcentaje final de germinación	Entre grupos	1848,700	4	462,175	3,551	,031
	Dentro de grupos	1952,250	15	130,150		
	Total	3800,950	19			

Anexo 5. Panel fotográfico

Figura 9
Recolección de semillas de *J. neotropica*.



Figura 10
Secado de las semillas de *J. neotropica*.



Figura 11
Preparación del sustrato.



Figura 13
Preparación del terreno para el vivero.



Figura 12
Desinfección del sustrato con agua hervida.



Figura 14
Acondicionamiento de las bolsas en las camas.



Figura 15
Remojo de semillas en agua fría por 48 horas.



Figura 17
Lijadura de la testa de semillas de *J. neotropica*.



Figura 16
Exposición de las semillas al sol y en arena.



Figura 18
Aplicación de ácido sulfúrico a las semillas de *J. neotropica*.



Figura 19
Siembra de las 2000 semillas de *J. neotropica*.



Figura 21
Evaluación y registro de datos.



Figura 20
Riego de plántulas de *J. neotropica*.



Figura 22
Evaluación del crecimiento de plántulas.



Figura 23.
Plantas al finalizar el experimento.

