

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

SEDE JAÉN



**EFFECTO DE CUATRO TRATAMIENTOS PRE GERMINATIVOS EN SEMILLAS
DE NOGAL (*Juglans neotropica* Diels), JAÉN, CAJAMARCA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

BACH. NERLY NATALI MALDONADO MONTENEGRO

ASESORES:

ING. M. Sc. SEGUNDO MEDARDO TAFUR SANTILLÁN

BLGO. MCBLGO. M.Sc. MARCELA NANCY ARTEAGA CUBA

JAÉN -PERÚ

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

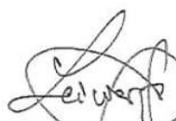
En la ciudad de Jaén, a los **veinticuatro** días del mes de **febrero** del año dos mil veintitrés, se reunieron en el **ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal-Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N°062-2023-FCA-UNC, de fecha 16 de enero del 2023, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulada: **"EFECTO DE CUATRO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE NOGAL (*Juglans neotropica* Diels), JAÉN, CAJAMARCA"**, ejecutado por la Bachiller en Ciencias Forestales, **Doña NERLY NATALÍ MALDONADO MONTENEGRO**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **quince** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, la Bachiller queda expedita para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **dieciséis** horas y **cero** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

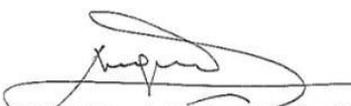
Jaén, 24 de febrero de 2023.


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE


Ing. M. Cs. Leiver Flores Flores
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
VOCAL


Blgo. Mcblgo. M. Cs. Marcela Nancy Arteaga Cuba
ASESOR


Ing. M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y por guiar cada uno de mis pasos.

A mis padres, Abdias Maldonado Silva y Ofalia Montenegro Lozada porque con su ejemplo me enseñaron a ser una gran persona y con valores.

A mis hermanos Rosibel, Thalía, Dianela, Evelin, Jolmer por su apoyo incondicional, compañía y amor fraterno y en especial a Nany Edith que con su partida nos dejó un vacío inmenso.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. M. Sc. Segundo Medardo Tafur Santillán y a la Blgo. Mblgo. M. C. Marcela Nancy Arteaga Cuba por su valioso apoyo en el asesoramiento en la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén por acogerme en sus aulas y permitirme formarme como profesional de éxito.

A los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén por sus enseñanzas impartidas en cada una de sus clases dictadas.

A la Municipalidad Provincial de Jaén por brindarme las facilidades para el desarrollo de mi investigación, y en especial al técnico Aníbal Julca Lozano por su apoyo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Antecedentes de la investigación	14
2.2. Bases teóricas	17
2.2.1. Clasificación taxonómica de <i>Juglans neotropica</i> Diels	17
2.2.2. Descripción dendrológica	18
2.2.3. Distribución del género y especie	20
2.2.4. Factores que intervienen en la germinación de <i>Juglans neotropica</i> Diels	20
2.2.5. Usos de <i>Juglans neotropica</i> Diels	22
2.2.6. Tipo de germinación	23
2.2.7. Tratamientos pre – germinativos	24
2.3. Definición de términos básicos	26
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	29
3.1. Ubicación de la investigación	29
3.1.1. Ubicación	29
3.2. Tipo y diseño de la investigación	30
3.3. Materiales experimentales	30
3.4. Tratamiento y análisis de datos	42
3.4.1. Análisis estadístico	42

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. Resultados	43
4.1.1. Porcentaje de germinación	43
4.2. Diámetro del tallo de la planta	46
4.2.1. Estado de vigorosidad de las plántulas	48
4.2.2. Análisis de datos	49
4.3. Discusión	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1. Conclusiones	53
5.2. Recomendaciones	54
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
CAPÍTULO VII. ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de distribución de tratamientos en bloques	32
Tabla 2. Estado de vigorosidad de las plantas	42
Tabla 3. Porcentaje de germinación <i>Juglans neotropica</i> Diels	44
Tabla 4. ANOVA del porcentaje de germinación	49
Tabla 5. Análisis Tukey del porcentaje de germinación.	49
Tabla 6. Altura promedio de las plantas con cada tratamiento pre germinativo	60
Tabla 7. Diámetro del tallo promedio de las plantas con cada tratamiento pre germinativo	60
Tabla 8. Estado de vigor de las plantas germinadas de <i>Juglans neotropica</i> Diels.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación del área de investigación	29
Figura 2. Tinglado temporal	31
Figura 3. Preparación del sustrato	32
Figura 4. Llenado del sustrato a la bolsa de polietileno	33
Figura 5. Aplicación de insecticida para las hormigas	33
Figura 6. Remojo de la semilla de nogal en agua	34
Figura 7. Semillas de nogal expuestas al sol durante las 12.00 m a 3:00 pm	35
Figura 8. Semillas listas para sembrar, post tratamiento	35
Figura 9. Aplicación del ácido sulfúrico con agua destilada a las semillas de nogal	36
Figura 10. Aplicación de ceniza para lavar la semilla de nogal	36
Figura 11. Lijado de la semilla de nogal.	37
Figura 12. Semillas lijadas listas para sembrar	37
Figura 13. Siembra de la semilla directo a la bolsa	38
Figura 14. Utilización de la regadera para el regado de las plántulas	38
Figura 15. Semilla número uno que germino a los 28 días después de la siembra	39
Figura 16. Plantas de nogal a los 60 días después de la siembra	40
Figura 17. Medición de altura de las plantas que germinaron durante los 60 días	40
Figura 18. Medición de diámetro con Vernier	41

Figura 19. Porcentaje de germinación de <i>Juglans neotropica</i> Diels	43
Figura 20. Germinación de las semillas	44
Figura 21. Plántulas de nogal a 60 días de la siembra	45
Figura 22. Altura promedio de las plantas con cada tratamiento pre germinativo	45
Figura 23. Diámetro promedio de las plantas con T1:H ₂ O	46
Figura 24. Diámetro promedio de las plantas con T2: Solarización	46
Figura 25. Diámetro promedio de las plantas con T3: Ácido sulfúrico	47
Figura 26. Diámetro promedio de las plantas con T4: Escarificación mecánica	47
Figura 27. Estado de vigorosidad de las plantas germinadas de <i>Juglans neotropica</i> Diels	48
Figura 28. Análisis Tukey del porcentaje de germinación	50

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de cuatro tratamientos pre germinativos en semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels). La semilla certificada fue obtenida de la empresa Arborizaciones E.I.R.L. – Huaraz. El trabajo se desarrolló en el vivero municipal “Manuela Díaz Estela” de la Municipalidad Provincial de Jaén, Cajamarca. Las semillas fueron sometidas a cuatro tratamientos pre germinativos: solarización, escarificación mecánica, remojo en agua fría y remojo en ácido sulfúrico. Los resultados muestran que, con las semillas sometidas a solarización, se obtuvo el 60 % de germinación, que constituye el mayor porcentaje de germinación de los 4 tratamientos; en cuanto a crecimiento, se observó que las plántulas germinadas de las semillas sometidas a tratamiento en remojo con ácido sulfúrico, presentaron los valores mayores en altura y diámetro de tallo con 20.53 y 0.37 centímetros respectivamente. Se concluye que el tratamiento de solarización fue el que presentó mejores resultados en cuanto a germinación y el tratamiento con ácido sulfúrico mostró los mejores resultados en cuanto a crecimiento.

Palabras clave: tratamiento pre germinativo, semilla, nogal, germinación

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the effect of four pre-germination treatments on walnut seeds (*Juglans neotropica* Diels). The certified seed was obtained from the company Arborizaciones E.I.R.L. – Huaraz. The work was carried out in the municipal nursery, located in the city of Jaén, Cajamarca región. The seeds were subjected to four pre-germination treatments: solarization, mechanical scarification, soaking in cold water, and soaking in sulfuric acid. The results show that, with the seeds subjected to solarization, 60 % germination was obtained, which constitutes the highest germination percentage of the 4 treatments; Regarding growth, it was observed that the seedlings germinated from the seeds subjected to soaking treatment with sulfuric acid, presented the highest values in height and stem diameter with 20.53 and 0.37 centimeters respectively. It is concluded that the solarization treatment was the one that presented the best results in terms of germination and the treatment with sulfuric acid showed the best results in terms of growth.

Keywords: pre-germination treatment, seed, walnut, germination

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Perú, es un país mega diverso lo que permite contar con una amplia diversidad de flora y fauna silvestre en sus diferentes ecosistemas, dentro de los cuales tenemos a los bosques nublados que tienen gran importancia ecológica, por constituirse en los principales centros de reserva de agua para la formación de arroyos, quebradas y ríos, que son la fuente principal para el desarrollo de la actividad antrópica en las partes bajas de las cuencas; sin embargo, en la actualidad, el crecimiento de la población, el avance de la agricultura, la ganadería y sobre uso de los recursos naturales con fines de satisfacción de las necesidades básicas que el hombre requiere para su supervivencia, constituye una gran amenaza; así, cientos de hectáreas se han deforestado, y con ello se han extinguido especies, inclusive sin haberlas registrado ni haber conocido su verdadero potencial (Sandy et al., 2007; citado por Peña, 2015, p. 23).

Los bosques pueden contribuir a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas e incrementar resiliencia, por tanto, contribuir con la adaptación al cambio climático (Baiker, 2019). La principal amenaza que enfrentan las plantas endémicas en la actualidad es la pérdida del hábitat, ocasionada por actividades humanas tal es el caso de *Juglans neotropica* Diels, ya que es una especie de gran utilidad en las comunidades andinas, puesto que se aprovecha de esta planta, en la industria maderera, alimenticia, textil y medicinal. En la actualidad, el nogal, como muchas otras especies, se ven seriamente amenazada por actividades ganaderas y agrícolas que generan amplias zonas deforestadas. La mayor afectación para América del Sur se da en los bosques húmedos y montanos, donde la especie tiene su hábitat (Toro y Roldán, 2018, p. 25).

La semilla de *Juglans neotropica* Diels, se encuentra cubierta por un endocarpio duro y leñoso, propio de una nuez, el cual impide que el embrión entre en contacto con el agua. Al presentar el nogal este tipo de latencia, es recomendable realizar tratamientos para que esta, se rompa y la semilla pueda germinar. Existen diversos tratamientos pre germinativos para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Varela y Arana, 2011, p. 18). El proceso germinativo de la semilla comienza con la ruptura de la testa, lo que es un indicativo de que ya la semilla por debajo del sustrato tiene raíces; una vez que las raíces se fortalecen, comienza a emerger el hipocótilo

desde el suelo, comenzando así el proceso de crecimiento, las características organolépticas de la nuez son bien aceptadas por el consumidor, su contenido de lípidos es el 65 %, el principal componente de la fracción lipídica es el ácido linoleico, que por ser un ácido poliinsaturado provee de beneficios cardiovasculares notables para la salud; es bajo en colesterol y posee propiedades anti arterioescleróticas (Muncharaz, 2012, p. 34).

El objetivo general del presente trabajo de investigación fue, evaluar el efecto de la temperatura, ácido sulfúrico y escarificación manual en el tratamiento pre germinativo en las semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels).

El problema para la redacción del presente trabajo fue la falta de información sobre los tratamientos pre germinativos más eficientes para acelerar la germinación de *Juglans neotropica* Diels; así mismo, la hipótesis planteada en la investigación fue que el porcentaje de germinación de las semillas de nogal con el tratamiento remojo en agua fría es 60 %, con solarización a 72 horas 40 %, con escarificación es 50 % y con ácido sulfúrico fue 70 %, de tal manera la justificación de la misma fue que a pesar de ser una especie muy apreciada, la semilla de esta especie por naturaleza, tiene una baja capacidad germinativa ya que presenta una baja uniformidad de germinación y latencia profunda, por lo cual es de suma importancia conocer los tratamientos pre germinativo que se pueden aplicar a ésta especie, con fines de acelerar el proceso germinativo y a la vez obtener un mayor porcentaje de germinación; así mismo, el objetivo general de esta investigación fue, evaluar el efecto de cuatro tratamientos pre germinativos en semillas de (*Juglans neotrópica* Diels), Jaén, Cajamarca; los objetivos específicos de esta investigación fueron, Determinar la calidad de semilla de Nogal (*Juglans neotropica* Diels), determinar el porcentaje de germinación de la semilla de nogal (*Juglans neotropica* Diels) con remojo en agua fría por 10 días, determinar el porcentaje de germinación de la semilla de nogal (*Juglans neotropica* Diels), con exposición al sol por 72 horas (10:00 am – 2:00 pm), determinar el porcentaje de germinación de la semilla de nogal (*Juglans neotropica* Diels) escarificando con lija y determinar el porcentaje de germinación de la semilla de nogal (*Juglans neotropica* Diels), aplicando ácido sulfúrico al 5 %.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Silva (2017) realizó una investigación sobre metodología de escarificación para la producción de plántones de nogal (*Juglans neotropica* Diels), en Rodríguez de Mendoza, Amazonas” cuyo objetivo de estudio fue evaluar las metodologías de escarificación para la producción de plántones de nogal (*Juglans neotropica* Diels), para lo cual, empleó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con 6 tratamientos y 4 repeticiones y 12 submuestras. Para el análisis de varianza y la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$ %). Las semillas tuvieron un peso promedio de 24.70 g, tamaño de semilla 42.54 mm y diámetro de semilla de 38.45 mm. Los resultados demostraron que la mejor metodología de escarificación para la producción de plántones de nogal fue el tratamiento con exposición al sol, con 61 % de germinación, seguido del tratamiento corte mecánico de la testa de la semilla, con 48 % de germinación, a diferencia del tratamiento testigo, con solo 11 % de germinación. Así mismo, evaluaron el tiempo de germinación a los 40, 60, 80 y 100 días después de la siembra, donde el mejor resultado fue obtenido a los 40 días, siendo el tratamiento “corte mecánico de la testa” de la semilla (T3) el que dio el mejor resultado, con 48 % de germinación, seguido del tratamiento “exposición al sol” (T2), con 46 % de germinación, y el tratamiento “testigo” (T1) con solo 2 % germinación.

Curillo (2017) manifiesta que, la semilla de *Juglans neotropica* Diels, presenta una baja capacidad germinativa, baja uniformidad de su germinación y latencia profunda, por lo cual se procedió a la aplicación de tratamientos pre germinativos cuyos objetivos fueron la evaluación por medio de los parámetros capacidad germinativa, velocidad de la germinación, vigor y dispersión de la germinación; esta investigación fue realizada en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Universidad Nacional de Colombia y en el invernadero del Jardín Botánico de Medellín, el experimento tuvo un diseño completamente al azar con ocho tratamientos, cuatro repeticiones y la unidad muestral (repetición) estuvo conformada por 25 semillas. Los tratamientos aplicados fueron: estratificación durante 30 y 60 días, osmoacondicionamiento en soluciones con potenciales osmóticos de -0.5, -1.0 y -1.5 MPa y la combinación de osmoacondicionamiento en solución con un potencial de -1.0 MPa más estratificación durante 30 y 60 días y un testigo. Además, se realizaron pruebas de contenido de humedad, de absorción de agua, de peso, tamaño, forma y viabilidad para caracterizar

adecuadamente la semilla de cedro negro. Los resultados obtenidos indicaron que los tratamientos de osmoacondicionamiento fueron efectivos para aumentar la velocidad de germinación y el vigor de la semilla, mientras que los tratamientos de estratificación no fueron efectivos para aumentar la capacidad germinativa ni para disminuir la dispersión de la germinación. Los tratamientos de osmoacondicionamiento más estratificación aumentaron la dispersión de la germinación.

Peña et al. (2014) investigó sobre, la inducción de la brotación in vitro de microplántulas de nogal (*Juglans neotropica*) tratadas con Thidiazuron (TDZ) y 6-Bencilaminopurina (BAP), afirman que, el nogal (*Juglans neotropica*) es una raza de gran potencial para proyectos de conservación y agroproductivos en la eco-región Andina. Pero, su rastrera aptitud germinativa limita su propagación para reforestación, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del tratamiento con Thidiazuron (TDZ) y 6-Bencilaminopurina (BAP) en la inducción in vitro de brotes de nogal. Las microplántulas tratadas con BAP produjeron más brotes que aquellas tratadas con TDZ. Las microplántulas tratadas con BAP y TDZ generaron a su vez más brotes que las no-tratadas. En el ensayo se evaluó también el efecto de la concentración de BAP y TDZ en el medio, pero no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas; teniendo como resultados que el tratamiento con cito-quininas, específicamente BAP, incrementa el número de brotes producidos por microplántula de *J. neotropica*, pudiendo aplicarse este tratamiento en proyectos de propagación masiva de esta especie para sostener programas de reforestación.

Azas (2016) investigó sobre, la evaluación del efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en el recinto Pumin provincia de Bolívar, el objetivo fue, el estudio de diferentes tratamientos pre-germinativos, utilizando algunas técnicas y procedimientos donde permitan que las semillas de nogal germinen en el menor tiempo posible, esta investigación se desarrolló en una zona alta de la provincia de Bolívar, en la Parroquia Salinas recinto Pumin ubicado a 3500 m s.n.m., cuyas coordenadas son X 0717936, Y 9840947 respectivamente, donde predomina una temperatura entre 10 - 18 °C y una precipitación promedio anual de 500 mm/año, con un suelo de origen volcánico con textura franco arcilloso y un alto contenido de materia orgánica. La investigación duró ciento cincuenta días, habiéndose presentado diversos problemas agro meteorológicos en especial con la presencia de lluvias y las bajas temperaturas; pese a ello, se

pudo obtener resultados favorables en la investigación donde se pudo comprobar que el mejor tratamiento resultó ser solarización por 48 horas con un porcentaje del 81,25 %, seguido por el tratamiento agua corriente donde se obtuvo un porcentaje de germinación de un 73,44 %.

Villacís (2013) ejecutó un trabajo de investigación sobre, evaluación de tres tipos de sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de la semilla de nogal (*Juglans neotropica*) a nivel de vivero”, con la finalidad de probar la mejor combinación, el porcentaje de germinación y realizar la difusión de resultados a los productores de plántulas de nogal; los resultados obtenidos de la investigación fueron que el mejor sustrato resultó ser la turba comercial que generó un 81 % de germinación sin escarificación de la semilla, considerándose muy importante el sustrato 1:1:1, también sin escarificar que generó una germinación sobre el 68 %; concluyendo que es factible la germinación de semilla de nogal con iguales cantidades de material para elaborar el sustrato y sin métodos de escarificación con hidratación durante 12 horas antes de la siembra y con un correcto control fitosanitario.

Pizarro (2015) investigó sobre la germinación de pino (*Pinus radiata* D. Don) a partir de semilla botánica utilizando sustratos: aserrín, turba y cascarilla de arroz en San Jerónimo Cusco, con el objetivo de contar con un documento que describa el comportamiento del pino a través de la germinación con el uso de tres diferentes sustratos y conocer alternativas de usar sustratos orgánicos. En el Centro Agronómico K'ayra se hizo una comparación del comportamiento de tres tratamientos de sustrato en función a las exigencias que tiene la semilla de Pino para incrementar el porcentaje de germinación en un menor tiempo, darle a la Plántula un medio adecuado para su desarrollo óptimo y se encuentre libre de plagas y enfermedades y en consecuencia aumentar la producción de Plantones en Vivero. El diseño experimental utilizado DBCA con 8 repeticiones. Los factores en estudio fueron 3 sustratos: turba, aserrín y cascarilla de arroz. Se realizó mediante la instalación de túneles de germinación con malla raschell al 90 % de entremallado.

Banda et al. (2018) investigó sobre, el efecto de un tratamiento pre-germinativo en semillas de *Cedrela lilloi* (Cedro de altura) C.DC. y *Prunus ruiziana* Koehne (Layo) la investigación tuvo como finalidad generar información sobre la germinación de dos especies nativas, determinando el efecto de un tratamiento pre-germinativo en las semillas de *Cedrela lilloi* y *Prunus ruiziana*. Las semillas de cedro de altura no presentaron viabilidad, contrariamente las semillas de layo si presentaron germinación en donde el testigo (T1) tuvo un poder germinativo de 65.3 % y las semillas remojadas por un día (T2) de 73.3 %. No

existiendo diferencia estadística entre ellos dos, pero se puede observar que la germinación fue más homogénea y rápida en las semillas con tratamiento.

González et al. (2013) en su trabajo de investigación llamado, "pre germinación de semillas de cinco especies forestales con aguas residuales de la producción de torula." con objetivo de evaluar el efecto del tratamiento pre germinativo con aguas residuales de la producción de torula, en semillas de cinco especies forestales, cedro (*Cedrela odorata* L.), soplillo (*Lysilon abehanensis* L.), yarúa (*Caesalpinia violácea* L.), caoba antillana (*Swietenia mahogani* L.) y albizzia (*Albizia procera* (Roxb.) Benth.), realizaron cinco experimentos con dos tratamientos cada uno: Testigo estándar y pre germinación con residual. La pre germinación de la semilla en el testigo, fue realizado sumergiendo las mismas en agua a 100 °C, durante 30 segundos para soplillo, yarúa y albizzia. cedro y caoba cantillana no requirieron tratamiento. En el segundo tratamiento la pre germinación se realizó con residual sin diluir durante 24 horas en todas las especies. Se evaluó el inicio de la germinación, porcentaje de germinación, altura y diámetro basal de las posturas logradas y se determinó el índice de esbeltez. El tratamiento pregerminativo con aguas residuales de torula de las semillas, inhibió la germinación en el cedro y la caoba antillana y favoreció la misma en el soplillo, la yarúa y la albizzia. La dinámica de crecimiento de las posturas obtenidas de semillas pregerminadas con agua residual, en el soplillo y la yarúa, registraron un incremento de la altura y el diámetro en comparación con el testigo. En la albizzia, ocurrió de igual manera, pero no en la misma magnitud. En la yarúa y la albizzia se incrementó el índice de esbeltez con la aplicación del residual a las semillas como tratamiento pregerminativo, mientras que disminuyó en el soplillo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Clasificación taxonómica de *Juglans neotropica* Diels

Descripción de la especie

El nogal, es un árbol caduco muy vigoroso, de 10 a 35 m de altura y un tronco que puede superar 1 m de diámetro, el cual está cubierto con una corteza cenicienta y gruesa. Se reconoce como una especie monoica, las flores son unisexuales, o sea, con inflorescencias masculinas y femeninas diferenciadas y ubicadas en el mismo árbol (Mañas et.al, 2000). Las flores masculinas están dispuestas en amentos largos, casi siempre solitarios, de color verde

parduzco y se localizan en la parte superior de las ramillas nacidas el año anterior. Las flores femeninas son solitarias o agrupadas en un número de una a cinco, encontrándose en las terminales de las ramillas del año. La polinización es principalmente anemófila, dado por la gran producción de polen que producen los amentos. El fruto es una drupa globosa de exocarpio carnoso y fibroso, que al madurar libera el endocarpio leñoso que contiene el embrión, el cual es la parte comestible de la nuez (Lemus, 2004).

Taxonomía

El nombre del género deriva del latín *iuglans*, nombre romano del nogal y de la nuez, que es una abreviatura de *lovis glans*; bellota de Júpiter, a su vez Versión latina del griego Dios bálanos, nombre de la nuez y de la castaña, que significaba literalmente: bellota o castaña de Zeus (Luna y Gladis, 2015).

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Juglandales
Familia	: Juglandaceae
Género	: <i>Juglans</i>
Nombre científico	: <i>Juglans neotrópica</i> Diels
Nombre común	: <i>Nogal común, nogal persa o inglés</i> (Rojas y Torres, 2008).

2.2.2. Descripción dendrológica

Planta: árbol vigoroso, monoica que alcanza de 20 a 35 m de altura y cuyo tronco puede alcanzar de 30 a 120 cm de diámetro. Copa ramosa, extendida, de forma esférica comprimida, tiene fuste recto, cilíndrico y libre de ramas hasta un 50 % de su altura, cubierto con una corteza cenicienta y gruesa, en las ramas jóvenes lisa y de color rojo oscuro y en las viejas agrietada y parda (Reynel y Marcelo, 2009).

Sistema radicular: sistema radicular muy desarrollado formado por una raíz principal pivotante y un sistema secundario de raíces someras y robustas. Raíces notablemente extendidas, tanto en sentido horizontal como vertical. Es un árbol frondoso que presenta un sistema radicular pivotante, sus raíces son fuertes y el sistema radicular en general es bastante grueso, además son bien profundas y muy ramificadas (Mozo, 1972 citado por Peña, 2015).

Tallo: la corteza externa en estados juveniles es lisa de color grisáceo, con cicatrices en forma de media luna producto de la caída de las ramas, en árboles adultos su tonalidad es oscura casi negra, moderadamente gruesa fisurada con surcos profundos y longitudinales (Ospina et al., 2003).

Hojas: las hojas del nogal son compuestas, alternas e imparipinadas, agrupas al final de las ramas; miden entre 20 cm a 60 de largo y 18 cm a 30 de ancho, nacen a partir de una yema terminal escamosa delgada y puntiaguda protegida por una bráctea vistosa y alargada. Contiene entre 7 y 19 foliololos dispuestos de manera opuesta en un raquis de pubescencia hirsuta; los foliololos frescos, cuando se maceran, desprenden un olor a melaza, miden entre 5 cm a 16 cm de largo y 2,5 cm a 8 cm de ancho y son sésiles (Gómez y Toro, 2007).

Flores: las flores de nogal (*Juglans neotropica* Diels) son unisexuales y su floración es verdosa y abundante, las flores masculinas que se encuentran dispuestas en amentos péndulos y las flores femeninas se encuentran en los extremos de las ramas nuevas (Yamamoto y Barra, 2003).

Según Ospina et. al (2003) las flores del nogal (*Juglans neotropica* Diels) estaminadas, son más largas que las pistiladas y tienen de 60 a 85 estambres conectivos, en forma de corona. Las pistiladas miden de 4 a 5 cm de largo (hasta 10 cm) y tiene ovario ínfero.

Fruto: nuez grande, drupáceo, con mesocarpio carnoso y endocarpio duro, arrugado en dos valvas, y el interior dividido incompletamente en dos o cuatro celdas; semilla con dos o cuatro lóbulos y muchos hoyos (Infoagro, 2016).

Semilla: la semilla es tipo nuez, con endocarpio surcado de manera longitudinal, de color café oscuro a casi negro, presentan un peso promedio de 23 g (7 g a 47 g), longitud de 3 cm (1 cm a 5 cm) y un ancho de 4 cm (2 cm a 6 cm), con una fragancia suave y agradable al olfato humano; en su interior tiene una almendra blanca que ocupa casi toda la cavidad de la semilla; Manning, 1960, citado por Azas (2016). Dependiendo del contenido de humedad presentes en las semillas puede llegar a tener de 40 a 50 semillas/kilogramo (Lemus, 2004).

Copa la copa es irregular, frondosa, de hasta 10 m de ancho, cuyas ramas son gruesas, de poca médula, con lenticelas cuando adulto, en ocasiones con pubescencia rojiza, monopódicas y casi horizontales al fuste principal y en el cual dejan unas cicatrices triangulares cuando caen, Manning et al., 1960; citado por (Toro y Roldán, 2018).

2.2.3. Distribución del género y especie

Distribución mundial

El nogal se distribuye como una planta autóctona en los Andes Sudamericanos, especialmente en Colombia, Ecuador, Perú, y Bolivia. En Ecuador se encuentra en la región interandina, en los valles y estribaciones de la cordillera de los Andes (Williams y Esnacifor, 1998); citado por (Azas, 2016). En Ecuador se pueden encontrar pequeñas plantaciones de nogal, en la provincia de Loja en la comunidad de El Tundo, pequeñas huertas experimentales en la ESPOCH - Riobamba, y en el norte, se puede encontrar en la hacienda San Antonio provincia de Imbabura (Azas, 2016).

El nogal *Juglans neotropica* Diels, se encuentra en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. En Perú, en Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Junín, La Libertad, Lambayeque y Pasco. El rango de distribución altitudinal oscila entre 500 y 3300 m s. n. m. (ceja de selva, en zonas de bosque húmedo premontano y montano). Se observa en los bosques secundarios tardíos y en el bosque maduro (Reynel y Marcelo, 2009).

2.2.4. Factores que intervienen en la germinación de *Juglans neotropica* Diels

Radiación solar

En general el nogal *Juglans neotropica* Diels, se considera una especie forestal semiheliófila para el desarrollo de árboles que necesitan media sombra. Esta característica tiende a disminuir en la adultez, donde pasa a ser exigente en luz, pasando a ser heliófila (Aceros, 1985; citado por Reynel y Marcelo, 2009).

Temperatura

Deben evitarse lugares cuyas temperaturas primaverales puedan descender a menos de 1,1 °C, ya que pueden ocasionar daños por heladas en las inflorescencias masculinas, brotes nuevos y pequeños frutos. El nogal es muy sensible a las heladas de primavera, que mermarán sustancialmente la cosecha, pero también a las heladas precoces de otoño que interfieren muy negativamente en la formación los primeros años; durante este periodo juvenil pueden llegar a producirse la muerte de toda la parte aérea del plantón (Aceros, 1985; citado por Reynel y Marcelo, 2009).

En climas muy templados y en situaciones bajas, afectadas por vientos secos y cálidos procedentes del sur, además de provocar la caída prematura de las hojas, difícilmente puede salvarse la cosecha por las puestas del lepidótero *Cydia pomonella*, causante del agusanado del fruto.

Agua

A pesar de su rusticidad, es muy sensible a la sequía, siendo impropio para ser cultivado en las tierras de secano y de naturaleza seca, para que su cultivo sea posible necesita de precipitaciones mínimas de 700 mm, siendo de 1000-1200 mm para explotaciones intensivas, si la pluviometría es insuficiente o está irregularmente repartida, habrá que recurrir al riego para conseguir un desarrollo normal de los árboles y una buena producción de nuez (Reynel y Marcelo, 2009).

Suelo

La especie forestal nogal es un árbol que se adapta muy bien a suelos muy diferentes, aunque prefiere suelos profundos, permeables, sueltos y de buena fertilidad. El drenaje vendrá determinado por subsuelos formados por caliza fisurada, cantos rodados, etc. Para una buena retención de agua se precisan suelos con un contenido en materia orgánica entre el 1,2 y 2 % y un 18 -25 % de arcilla. El nogal se desarrolla en suelos con pH neutro (6,5 - 7,5). Según las características de los suelos se emplearán diferentes tipos de patrones, destacando *Juglans nigra* para suelos ácidos y *Juglans regia* para los más calizos (Rosero, 2011).

2.2.5. Usos de *Juglans neotropica* Diels

Una de las razones por las cuales la madera de *Juglans neotropica*, Diels es considerada de alto valor comercial es por su alta resistencia y fácil grado de trabajabilidad, por su grado de compactibilidad haciéndola ideal para la ebanistería, carpintería, interiores, decoración y fabricación de utensilios torneados y chapas decorativas. A nivel rural, la madera y las ramas son utilizadas para aserrío, carbón, leña, postes para cercos, construcción de inmuebles (Nieto y Rodríguez, 2002, p. 24).

Con todas sus características botánicas y ecológicas, es una especie que aporta una gran variedad de bienes y servicios a la humanidad; se ha usado para recuperar suelos degradados por minería, ganadería u otros tipos de erosión, como para enriquecimiento de bosques secundarios (Barreto y Herrera, 1990); (INEFAN, FAO, y Gobierno, 1997); (Ospina et al., 2003); (Yamamoto y Barra, 2003); (Gómez & Toro, 2007); (Vanegas y Roldán, 2018). Se ha encontrado como ornamental en zonas urbanas amplias (Ospina et al., 2003); (Ortega, 2007); se le ha considerado con alto potencial polinífero en proyectos de apicultura (polen) con *Apis mellifera* y en sistemas agroforestales, en cultivos como café, en huertas familiares, como árboles en linderos, como especie de sombrío en potreros, protectora de fuentes de agua y hábitat y alimento de la fauna silvestre (INEFAN, FAO, & Gobierno, 1997; Castro, et al., 2012; Azas, 2016).

De las raíces, corteza, hojas, y frutos se saca la juglona (ictiotóxica y fungistática) como insumo para muchas comunidades selváticas para la pesca artesanal (Masías, 2007; Sandoval y Venegas, 2009). Se extraen tintes o colorantes (amarillos y negros) para adornar artesanías, así como para teñir ropa y cabello siendo al mismo tiempo un estimulante del crecimiento de este (Sandoval y Venegas, 2009; Quiroz, 2013; Chusquillo, 2014).

Masías (2007) nos presenta un procedimiento para fabricar el colorante y hacer la tinción de telas, para obtener un producto teñido de color marrón-caoba y listo para ser comercializado (p. 54).

La Organización Mundial de la Salud - OMS (2013), apuesta por las medicinas tradicionales, consideradas un complemento a escala mundial para enfrentar las enfermedades crónicas. De hecho, el uso de las hojas de *J. neotropica* presentan alto potencial en este tipo de medicina tradicional complementaria (Montoya et al., 2003); (Quiroz, 2013), de las hojas y de la corteza se realizan extracciones (alcohólicas, liofilizantes

o hidrogeles), infusiones y decocciones que han ayudado a disminuir problemas de diabetes mellitus (como antioxidante, hipoglucemiante o hepático); han ayudado a tratar infecciones vaginales, gástricas y respiratorias (tos-bronquitis o asma) producidas por *Escherichiacoli*, *Helicobacter pylori*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*, entre otros (como antimicótico y antibacterial) y han ayudado a combatir la candidiasis bucal y han ayudado a la cicatrización de heridas abiertas cutáneas y el tratamiento de llagas (como astringente) (Quiroz, 2013; Chusquillo, 2014).

Los frutos son comestibles, saludables y nutritivos, se cataloga como fruto seco no perecedero bajo condiciones de almacenamiento adecuadas; además, se considera símbolo de fecundidad y abundancia y se usa en rituales espirituales contra espíritus malignos (Masías, 2007; Casamiquela et al., 2014; Albán, 2015; Azas, 2016). La almendra por sí sola ayuda a reducir el colesterol y la posibilidad de ataques cardíacos y de accidentes cerebro vasculares (reduce viscosidad de la sangre y la presión arterial), lo cual es típico de los frutos secos (Sandoval y Venegas, 2009, p. 34).

2.2.6. Tipo de germinación

La semilla de nogal se caracteriza por presentar una germinación hipogea, es decir que sus cotiledones no afloran a la superficie, sino que quedan debajo dentro de la cubierta dura de la semilla, por lo tanto, debe sembrarse con la radícula en posición horizontal o sea acostada (Barreto y Herrera, 1989). Durante la germinación de la semilla, el hipocótilo aparecen en la parte acuminada y la radícula se dirige al extremo grueso de la nuez, bordeando el cuerpo de esta (Muñoz, 1980). Adheridas al tallo están las hojillas en las plántulas que a veces se despliegan al germinar; la semilla permanece en el suelo para alimentar al nuevo individuo. Se considera concluida la etapa germinativa cuando la plúmula supera el sustrato con dos hojas cotiledones desplegadas (Mozo,1972; citado por Díaz, 2020, p. 50).

2.2.6.1. Tiempo de germinación

En general se ha reportado que las semillas de *Juglans neotropica*, Diels, dura más de un mes para germinar. La germinación tiene inicio a los 66 días, con un periodo de germinación de 36 días, con un máximo de energía germinativa hacia los 31 días (Aceros, 1985; citado por Reynel y Marcelo, 2009, p. 52).

Por tratarse de una semilla con alto contenido de grasa, su capacidad germinativa baja rápidamente (Aceros, 1985; citado por Reynel y Marcelo, 2009, p. 18).

2.2.6.2. Condiciones que afectan la germinación

Según Fuller y Rinchie, (1984); citado por Paulina (2010), manifiesta lo siguiente:

- a. Condiciones externas:** Humedad, oxígeno, temperatura y provisión de alimentos.
- b. Factores externos:** Factores como la luz, acidez del suelo, dióxido de carbono.
- c. Condiciones internas:** Auxinas, alimentos, haber completado su latencia, viabilidad de las semillas.

Fase de la germinación

Patino (1983), citado por Silva (2017) manifiesta que, la germinación de las semillas incluye las siguientes fases:

1. Absorción de agua, proceso físico, por el cual se hidratan y permiten el inicio de las actividades químicas.
2. Iniciación de las actividades enzimáticas, con incremento de la velocidad de la respiración.
3. Asimilación y translocación de las reservas alimenticias a los puntos de crecimiento.

2.2.7. Tratamientos pre – germinativos

Martínez (2005) menciona que, una semilla puede necesitar permanecer en estado de vida latente hasta que aparezcan las condiciones ideales para su germinación. La naturaleza ha ido creando mecanismos de adaptación al clima, propios de cada especie forestal, que han de ser imitados para conseguir su germinación. Las semillas de ciertas especies presentan dificultades para germinar. Entre las causas que demoran el proceso de germinación se pueden mencionar a la falta de madurez del embrión, sustancias inhibitoras de la germinación y el desarrollo, reservas alimenticias insolubles, tegumentos duros en los que el agua no logra penetrar (p. 42).

Tratamiento químico

Uno de los tratamientos para romper la impermeabilidad de la cubierta de las semillas es someterlas durante cierto tiempo a la acción de ácidos, siendo el más usado el ácido sulfúrico, ya que con este se ha conseguido elevar la germinación de algunas especies del 10 % al 90 % (Suárez, 1985; citado por Silva, 2017, p. 18).

Tratamientos físicos:

a. Inmersión en agua

Este tratamiento es usado para facilitar la germinación de semillas con cubierta impermeables, consiste en la inmersión de las semillas durante periodos y tiempos variables en agua próxima a hervir y dejar que esta se vaya enfriando paulatinamente (Flores, 1994; citado por Díaz, 2020, p. 31).

Se coloca las semillas en un recipiente en una proporción de cuatro a cinco veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 °C y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento (Patiño, 1983, citado por Séptimo Díaz, 2020, p. 18).

Tratamiento mecánico:

Consiste en la eliminación de la testa en forma total o parcial, entre estos tratamientos está, el rompimiento de la testa, o lijadura de la misma. Los tratamientos mencionados deben realizarse con sumo cuidado, para no dañar el embrión y tejidos internos (Bondero, 1980; citado por Díaz, 2020, p. 13).

El método sexual (por semilla) es la propuesta que se desarrollará; esta ayudará a mantener alta diversidad genética de la especie, siendo así más resistente ante plagas y enfermedades y ante los efectos climáticos proyectados en las zonas andinas, ya que las técnicas asexuales como estacas y esquejes no han tenido éxito en su propagación debido a la pudrición de tallos, por alta humedad (Yamamoto y Barra, 2003, p. 48).

Técnicas *in vitro* haciendo uso de sustancias químicas (mezcla de macro y micro nutrientes y uso de cito-quininas) o mediante biorreactores de inmersión temporal, arrojan brotes o germinaciones entre 80 % a 100 % en una semana (Quintero y Jaramillo, 2012);

Peña et al. (2014), pero son más costosos y no difieren mucho de las germinaciones por semilla.

Osmo acondicionamiento. Consiste en la inmersión de las semillas en soluciones salinas de nitrato de potasio KNO_3 , utilizando tres diferentes concentraciones (10,61; 21,23 y 31.85 g/litro), conservándose por 15 días en una incubadora a 15 °C. Luego se retiran de la solución y se lavan con suficiente agua, poniéndose luego a secar durante un día, al cabo del cual se siembran (López, 1997; citado por Paulina, 2010, p. 15).

Estratificación. Se cubren completamente con un sustrato húmedo (cuarzo), las semillas previamente almacenadas en bolsas de polietileno, para luego introducirlas en una cámara fría a una temperatura de 3 a 5 °C y una humedad relativa superior al 85 %, durante 30 a 60 días (López, 1997, citado por Díaz, 2020, p. 16).

Escarificación mecánica. Consiste en despuntar las semillas, frotándolas por su parte prominente (en forma de punta), con papel de lija de grano grueso o con un esmeril, teniendo en cuenta que el desgaste no debe ser muy pronunciado, puesto que el embrión es muy largo, delicado y puede dañarse fácilmente (Boder, 1980, citado por Díaz, 2020, p.18).

Escarificación mediante temperatura. En Perú se acostumbra extender las semillas y exponerlas al sol durante algunas horas o incluso, unos pocos días hasta que las semillas se abran por sus fisuras. Dichas fisuras se rellenan con arena fina, para evitar que se cierren (Pretell et al., 1985, citado por Díaz, 2020, p. 19).

2.3. Definición de términos básicos

Tratamientos pre germinativos

Son los procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Martinez, 2005, p. 65).

Imbibición

Imbibición es el proceso de absorción de agua por la semilla. Se da por las diferencias de potencial hídrico (mátrico) entre la semilla y la solución de imbibición (Suárez y Melgarejo, 2010, p. 18).

La toma de agua por una semilla madura es trifásica: toma rápida inicial, fase de meseta (ψ entre 1 a 1.5 MPa) y nuevo incremento en la absorción de agua, que se corresponde con el período de elongación del embrión o de la radícula. La duración de cada fase dependerá de las características de la semilla (tamaño, contenido de sustratos hidratables, permeabilidad de la cubierta seminal, toma de O₂, etc.) y de las condiciones externas en las que se produce la imbibición (temperatura, composición del sustrato del suelo, contenido de humedad). Por razones no aclaradas todavía, las semillas que están en estado de dormición sólo atraviesan las dos primeras fases (Matilla, 2013, p. 45).

Germinación

Morfológicamente, la germinación es la transformación de un embrión en una plántula, es el paso del eje embrionario a un estado continuo, que fue temporalmente suspendido (Patiño, 1983; citado por Díaz, 2020, p. 18).

Fase de crecimiento

Almeida (2020) dice que, la fase de crecimiento de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales". Se conoce como emergencia radicular el proceso por el cual la radícula o el eje embrionario atraviesan los tejidos envolventes y pasan de un metabolismo preferentemente anaerobio a otro típicamente aerobio. La emergencia marca el fin de la germinación y el comienzo del crecimiento de la plántula. Este proceso lo conduce básicamente la elongación celular, y puede estar acompañado de actividad mitótica (Matilla, 2013, p. 15).

Semilla

La semilla es el material de partida para la producción agrícola y forestal es condición indispensable para una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa a los fines de alcanzar el máximo rendimiento en la plantación (Bautista, 2017, p. 25).

Árbol

Planta leñosa perenne con un solo tronco principal o, en el caso del monte bajo, con varios tallos, que tenga una copa más o menos definida. Incluye: bambúes, palmeras y otras plantas leñosas que cumplan con los criterios señalados (Kleinn, 2000, p. 40).

Madera

La madera, es un grupo de células que componen el tejido leñoso de un árbol; es la parte de la estructura del tronco de los diversos árboles que se encuentran formados por fibras lignificadas, parénquimas leñosos y vasos leñosos; comúnmente se dice que es la parte leñosa del tronco de los diversos árboles que tienen sus aplicaciones en diferentes trabajos de carpintería y ebanistería (Rodríguez, 2018, p. 35).

Recolección y Almacenamiento de los Frutos de Nogal

Los frutos se recolectan cuando han caído al suelo y se trasladan al sitio de procesamiento en sacos de yute para colocar bajo sombra durante 1 - 2 semanas, para que el mesocarpio se descomponga; luego se procede a removerlos en agua y lavarlos. La semilla fresca presenta un contenido de humedad (CH) de aproximadamente 23 %, y no tolera deshidrataciones por debajo de 15 % ni tampoco puede ser almacenada con CH superiores a 20 % (Rodríguez et. al., 1992; citado por Silva, 2017).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

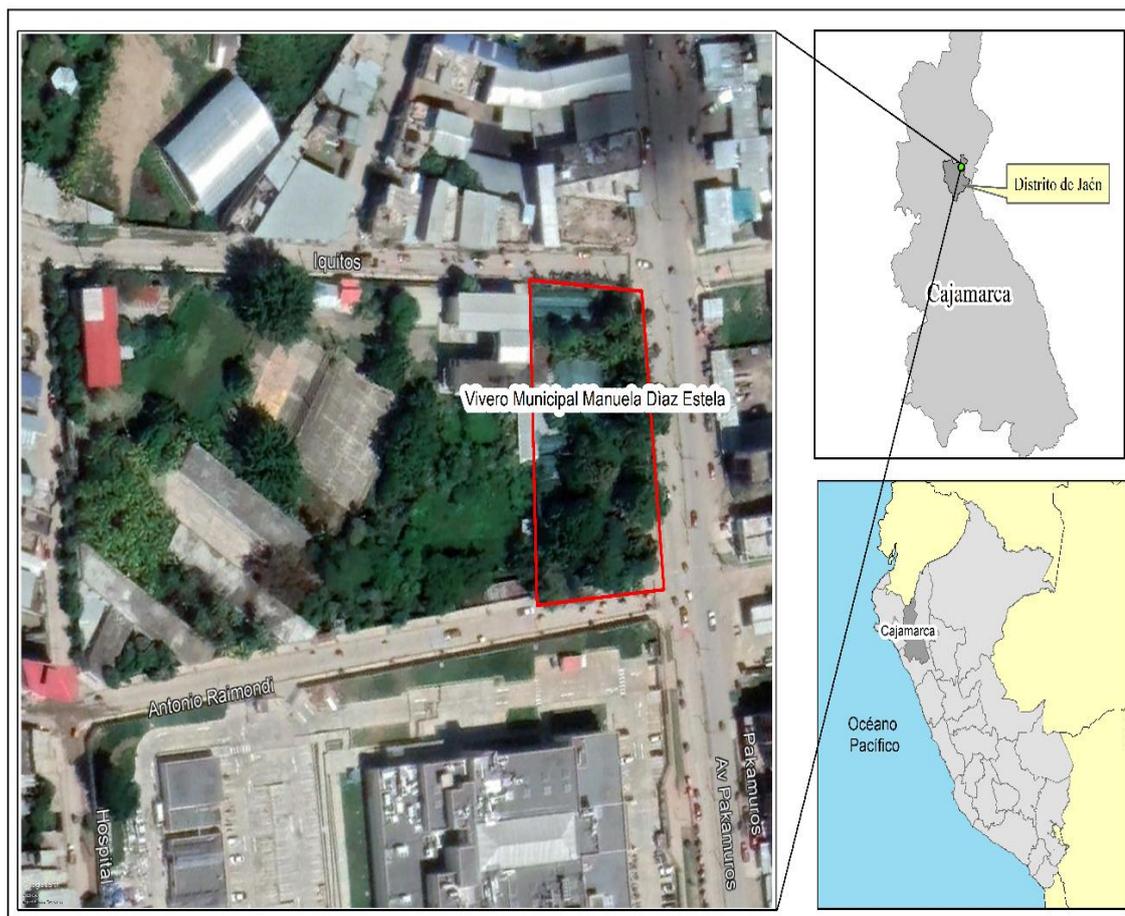
3.1. Ubicación de la investigación

3.1.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el vivero Municipal “Manuel Díaz Estela” de la provincia de Jaén, del distrito de Jaén y departamento Cajamarca. El vivero geográficamente se ubica entre las coordenadas 5°42'14.39" Sur y 78°48'16.83" Oeste (Figura 1). El distrito de Jaén se encuentra a una altitud de 753 m s.n.m., presenta un clima cálido moderadamente lluvioso con una precipitación media anual de 850 mm; su temperatura media anual fluctúa entre los 17 °C y 32 °C, siendo el periodo más caluroso entre los meses de octubre a febrero.

Figura 1

Mapa de Ubicación del área de investigación



3.2. Tipo y diseño de la investigación

Tipo: Se trata de una investigación aplicada por el propósito, explicativa por el nivel, cuantitativa por el método y experimental por el diseño.

Diseño experimental: experimental puro.

Factorial de la investigación es: $1 \times 4=4$

3.3. Materiales experimentales

3.3.1. Materiales

Material biológico. Semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels)

Materiales de campo. Plástico, herramientas, sustrato (tierra de cultivo, arena fina y compost), paja rafia, madera, malla raschel, libreta de campo, cámara digital, vernier, regla, lija n° 80.

Materiales químicos. Formol al 40 %, ácido sulfúrico al 5 %, ceniza de origen vegetal.

3.3.2. Equipos

Equipos de gabinete. Computadora, impresora, scanner, calculadora.

Software. Microsoft Office, software, “R”.

3.3.3. Procedimiento

a. Adquisición de la semilla

Se compró ocho kilos (8 kg) de semilla de nogal (*Juglans neotropica* Diels) garantizada (45 semillas por kg) de la empresa Arborización E.I.R.L; cuyas características indican que tiene una pureza de 98 %, con una germinación del 70 %, fecha de recolección fue en enero del 2020, dichas semillas fueron analizadas en el mes de marzo del 2020, cuyas semillas fueron tratadas con tifón; las semilla de nogal son procedente de Huaraz, cabe recalcar que

Huaraz tiene una altitud de 3,200 m s. n. m. con una precipitación de 800 mm y una temperatura anual de 12 °C.

b. Instalación del tinglado temporal

En un área de 3 x 3 m² se instaló un tinglado temporal mediante una armazón compuesta por 6 postes de madera, con paredes y techo cubiertas con malla raschel.

Figura 2

Tinglado temporal



c. Tratamientos en estudio

T1: Remojo en agua fría

T2: Solarización

T3: Remojo en ácido sulfúrico

T4: Escarificación mecánica

d. Tabla de tratamientos en estudio

Para la ejecución de esta investigación, se elaboró un cuadro especificando los tratamientos y repeticiones que se llevó a cabo (Tabla 1).

Tabla 1

Tabla de distribución de tratamientos en bloques

Semilla	Temperatura solar 32°		Temperatura de H ₂ O (ambiente)		Ácido sulfúrico		Escarificado manual con lija N° 80	
	T1R1	T1R2	T2R1	T2R2	T3R1	T3R2	T4R1	T4R2
	T1R3	T1R4	T2R3	T2R4	T3R3	T3R4	T4R3	T4R4

Preparación, desinfección de sustrato y llenado de bolsas de polietileno

El sustrato para la germinación de las semillas de *Juglans neotropica* Diels, estuvo compuesto por los siguientes componentes: 60 % tierra agrícola, 20 % arena de río y 20 % compost. Luego de la preparación del sustrato, se procedió a su desinfección (Figura 3), mediante la aplicación de un preparado conformado por 25 litros de agua y 0.5 litros de formol (40 %). Concluido el proceso de aplicación de formol, se cubrió el sustrato con un plástico por un tiempo de 48 horas; luego se procedió a la aireación durante el mismo tiempo en base a lo que propone Goitia (2003). Con el sustrato preparado anteriormente se procedió a llenar un total de 240 bolsas de polietileno de las dimensiones de 25 x 25 cm (Figura 3).

Figura 3

Preparación del sustrato



Figura 4

Llenado del sustrato a la bolsa de polietileno



Figura 5

Aplicación de insecticida para las hormigas



e. Tratamientos pre germinativos

Se aplicaron cuatro tratamientos pre germinativos a razón de 60 semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) por tratamiento, los cuales se detallan a continuación:

Descripción de los tratamientos.

T1 : Remojo en agua fría

Las semillas de nogal (60 unidades), fueron sometidas a remojo en agua fría proveniente de caño, colocadas en un recipiente por un período de 10 días (Figura 6); diariamente se cambió el agua, con fines de prevenir posibles problemas de fermentación y daños en la semilla.

Figura 6

Remojo de la semilla de nogal en agua



T2: Solarización

Este tratamiento consistió en colocar 60 semilla de nogal (*Junglans neotropica* Diels) sobre una cama de arena de río y durante las horas de mayor radiación se expuso a solarización durante 24 días. La duración diaria de solarización fue variable, fluctuando de 2 a 6 horas (promedio 3 horas) diarias, sumando un total de 72 horas. Con fines de generar más temperatura durante la solarización, las semillas de nogal puestas sobre la arena, fueron cubiertas con un plástico. Luego de haber sometido a radiación solar diaria, se retiró el plástico y las semillas fueron puestas en un recipiente, rociándolo con arena para que penetre en las posibles fisuras que se hayan generado por efecto de la solarización.

El proceso de exposición fue durante las horas del día con más radiación solar (Figura 7); este proceso se realizó durante 24 días, con la finalidad de que se produzca la ruptura del endocarpio y facilite la salida del embrión.

Figura 7

Semillas de nogal expuestas al sol durante las 12.00 m a 3:00 pm



Figura 8

Semillas listas para sembrar, post tratamiento



T3: Ácido sulfúrico en semillas de nogal (*Junglas neotropicas* Diels)

Para este tratamiento se preparó 2 L, de solución; usando ácido sulfúrico comercial al 100 %, reducida a una concentración de 5 %. Siendo la proporción: Agua destilada 1. 9 L y ácido sulfúrico 100 ml y se vertió en un balde de plástico de 5 litros, donde se sumergieron las 60 semillas por un periodo de 60 minutos (Figura 9); posteriormente se procedió a lavar las semillas con agua y ceniza (Figura 10) para neutralizar el efecto del ácido posterior al periodo de remojo, luego se lavó hasta remover todos los residuos de ácido de las semillas, y luego se procedió a la siembra directa a la bolsa de polietileno.

Figura 9

Aplicación del ácido sulfúrico con agua destilada a las semillas de nogal.



Figura 10

Aplicación de ceniza para lavar la semilla de nogal



T4: Escarificación mecánica de semillas de nogal (*Junglas neotropicas* Diels)

El proceso de escarificación se llevó a cabo con ayuda de una lija n° 80, con la que se lijó el micrópilo de las 60 semillas teniendo cuidado de no dañar los cotiledones (Figura 11).

Figura 11

Lijado de la semilla de nogal.



Figura 12

Semillas lijadas listas para sembrar



Figura 13

Siembra de la semilla directo a la bolsa



f.Labores culturales

Para el riego se utilizó una regadera fina, en un principio se aplicó el riego con una frecuencia de dos veces al día, hasta la emergencia; una vez que las plántulas tuvieron una altura apropiada que aseguró un menor riesgo de mortandad, se disminuyó la frecuencia de riego en base a las necesidades del momento, esto permitió airear el sustrato, también se fue reduciendo la sombra.

Figura 14

Utilización de la regadera para el regado de las plántulas



g. Variables evaluadas

Porcentaje de germinación por tratamiento

Para obtener el porcentaje de germinación de las semillas de nogal (*Juglans neotropical* Diels), se sembraron 240 semillas de nogal, estas se dividieron en cuatro tratamientos, cada uno de ellos con 60 semillas; las cuales se subdividieron en 4 repeticiones (R1, R2 R3 y R4); cada repetición estuvo conformado por 15 semillas. Para determinar el porcentaje de germinación se realizó observaciones diarias durante 60 días. El porcentaje de germinación se calculó aplicando la fórmula desarrollada por Rivero y Medina (2016).

$$\% G = \frac{Ss}{Sg} \times 100$$

Donde: % G = porcentaje de germinación, Ss = número total de semillas sembradas, Sg = número de semillas germinadas.

Energía germinativa

Se evaluó a partir de la primera semilla germinada, que ocurrió a los 28 días de conteo de la siembra. A partir del primer día de germinación, se realizó observaciones diaras, determinando el día donde se obtuvo el mayor número de semillas de nogal germinadas. Los resultados fueron expresados en porcentaje.

Figura 15

Semilla número uno que germino a los 28 días después de la siembra



Figura 16

Plantas de nogal a los 60 días después de la siembra



Altura de la planta

Para determinar la altura de las plantas de cada tratamiento en estudio, se realizaron mediciones usando una regla graduada en milímetros, registrando mediciones de las plántulas de nogal a los 30, 40, 50 y 60 días después de la siembra. Las medidas fueron hechas desde la superficie del suelo hasta el ápice de la yema terminal.

Figura 17

Medición de altura de las plantas que germinaron durante el periodo de los 60 días



Diámetro del tallo de la planta

Una vez que las semillas germinaron se tomó lectura a los 30, 40, 50 y 60 días después de la siembra. Con la ayuda de un pie de rey se determinó el diámetro (mm) del tallo a la altura de 5 cm considerando desde la superficie del suelo.

Figura 18

Medición de diámetro con Vernier



Estado de vigorosidad de las plantas en vivero

Para evaluar el estado de vigorosidad de las plantas se realizó una evaluación ocular a los 30, 40, 50 y 60 días después de la emergencia. Para esta actividad se empleó una tabla basada sobre medición de vigor de plantas según Cesa (2002).

Tabla 2

Estado de vigorosidad de las plantas

Código	Estado de la planta
0	Muerta
1	Poca probabilidad de sobrevivencia
2	Moderadamente vigorosa
3	Vigorosa

Fuente: CESA (2002)

3.4. Tratamiento y análisis de datos

Los datos recopilados de las evaluaciones realizadas, fueron procesados en una hoja de Excel del paquete Microsoft Office 2017 y posteriormente, se procedió con el análisis estadístico respectivo el cual se ejecutó en el *Software* estadístico R versión 4.0.2.

3.4.1. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en la investigación fueron acumulados y ordenados en una hoja de cálculo del Microsoft Software Excel y posteriormente tratados en el Software R para realizar el análisis estadístico por medio de una correlación simple y un análisis de varianza (ANVA) para determinar si existen diferencias entre los resultados obtenidos, entre métodos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

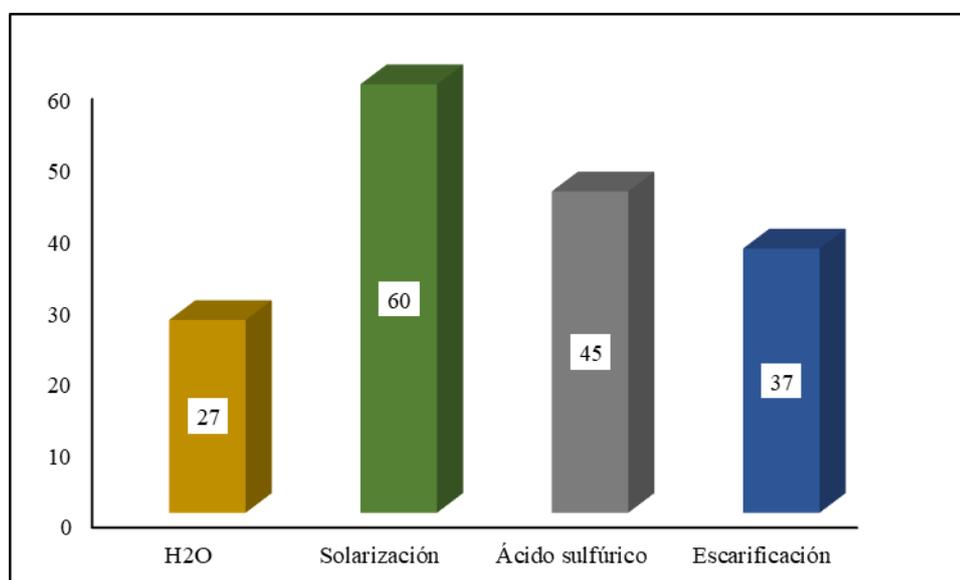
4.1. Resultados

4.1.1. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación de las semillas de *Juglans neotropica* Diels, para los diferentes tratamientos pre germinativos se muestran en la Figura 18.

Figura 19

Porcentaje de germinación de Juglans neotropical Diels



El porcentaje de germinación de las semillas de *Juglans neotropical* Diels sometidas a tratamientos pre germinativos (Figura 19 y Tabla 3), al cabo de 60 días de evaluación de cada tratamiento, fueron los siguientes: con el tratamiento con solarización (T2) la germinación fue el 60 %; con el tratamiento con ácido sulfúrico (T3) fue el 45 %; con el tratamiento con escarificación mecánica (T4), la germinación fue el 37 % y las semillas que solo fueron sometidas al tratamiento de remojo en agua pura (T1) dio el menor porcentaje de germinación con el 27 %.

Tabla 3

Porcentaje de germinación Juglans neotropica Diels

Tratamiento	Semillas sembradas	Semillas germinadas	Porcentaje de Germinación (%G)
H ₂ O	60	16	27
Solarización	60	36	60
Ácido sulfúrico	60	27	45
Escarificación	60	22	37

Figura 19

Germinación de las semillas



Nota: En la figura se observa, la germinación a los 28 días después de la siembra

Figura 20

Plántulas de nogal a 60 días de la siembra

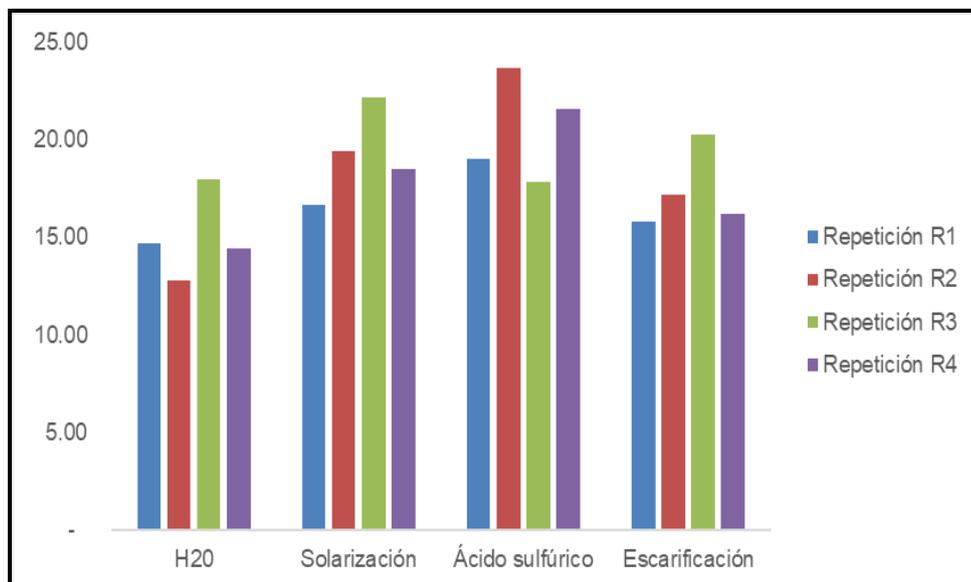


Altura de la planta

Crecimiento de plántulas procedentes de semillas sometidas a cada uno de los tratamientos pre germinativos.

Figura 22

Altura promedio de las plantas con cada tratamiento pre germinativo



En lo que concierne a la altura promedio de plantas provenientes de los diferentes tratamientos pre germinativos (Figura 22) los resultados indican que el tratamiento con ácido sulfúrico (T3) el que presentó los valores mayores de altura con 23.68 cm; las plántulas

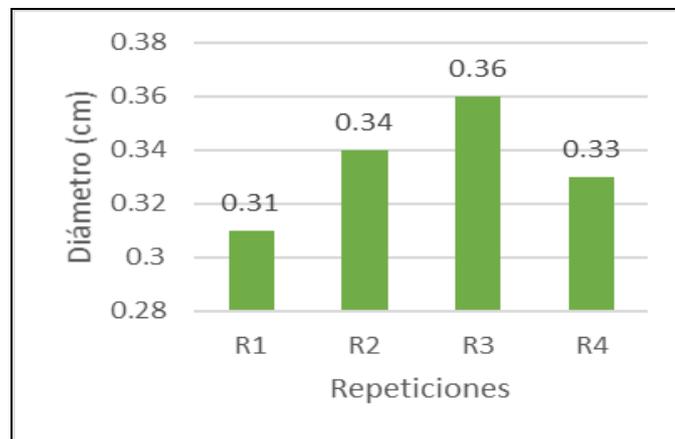
provenientes con el tratamiento de semillas con solarización (T2) tuvieron una altura 22.16 cm; las plántulas provenientes con el tratamiento de semillas con escarificación mecánica (T4) tuvieron una altura 20.25 cm y las plántulas provenientes de semillas que recibieron el tratamiento de remojo en agua pura (T1), el crecimiento fue de 14.70 cm.

4.2. Diámetro del tallo de la planta

Resultados promedio de medición del diámetro de las plántulas germinadas para cada tratamiento pre germinativo: (Figuras 23, 24, 25 y 26).

Figura 21

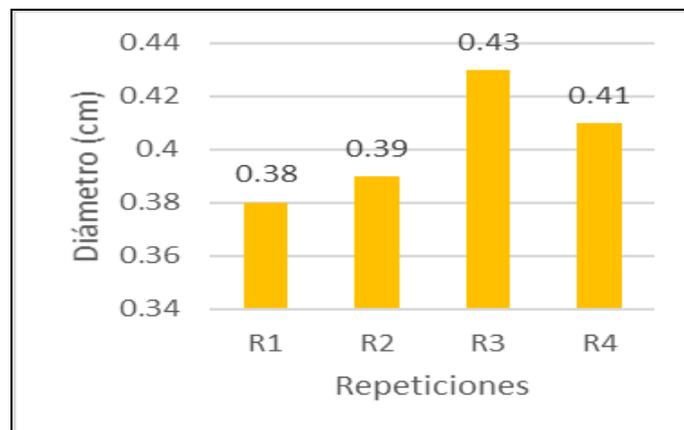
Diámetro promedio de las plantas con T1:H₂O



En la figura 23, podemos observar que el mayor valor en cuanto al diámetro de las plantas con el tratamiento (T1) se encuentra en la repetición 3 (R3) con un valor de 0.36 cm y el diámetro menor se encuentra en la repetición 1 (R1).

Figura 22

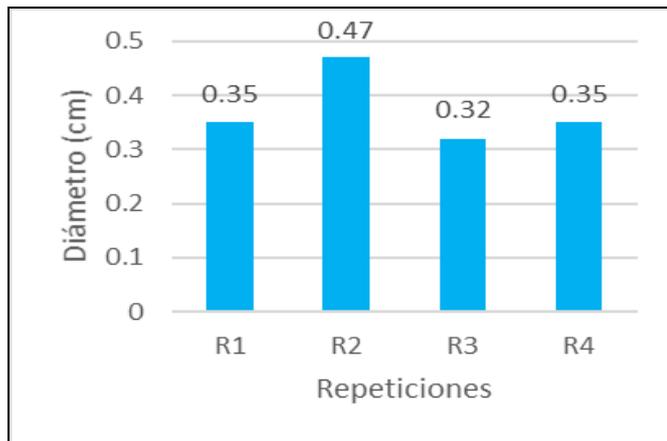
Diámetro promedio de las plantas con T2: Solarización



Podemos observar que en la (Figura 24) el mayor valor en cuanto al diámetro de las plantas con el tratamiento (T2), se encuentra en la repetición 3 (R3) con un valor de 0.43 cm y el diámetro menor de las plantas se encuentra en la repetición 1 (R1).

Figura 23

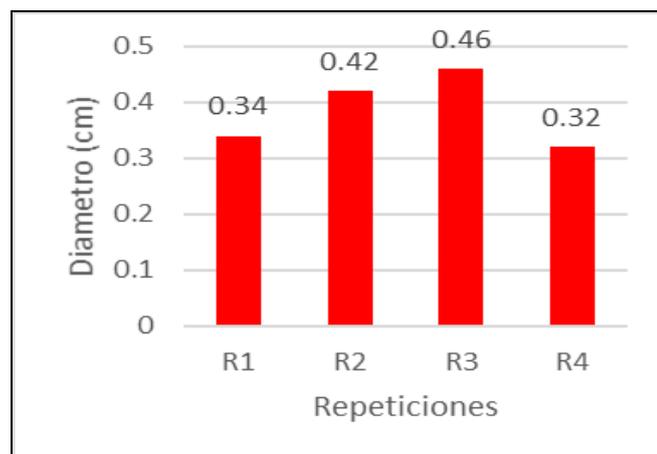
Diámetro promedio de las plantas con T3: Ácido sulfúrico



Se observa que en la (Figura 25) el mayor valor en cuanto al diámetro de las plantas con el tratamiento (T3) se encuentra en la repetición 2 (R2) con un valor de 0.47 cm y el diámetro menor se encuentra en la repetición 3 (R3).

Figura 26

Diámetro promedio de las plantas con T4: Escarificación mecánica



Los resultados del diámetro promedio del tallo de las plantas germinadas según cada tratamiento pre germinativo aplicado a las semillas de *Juglans neotropica* Diels, fueron los

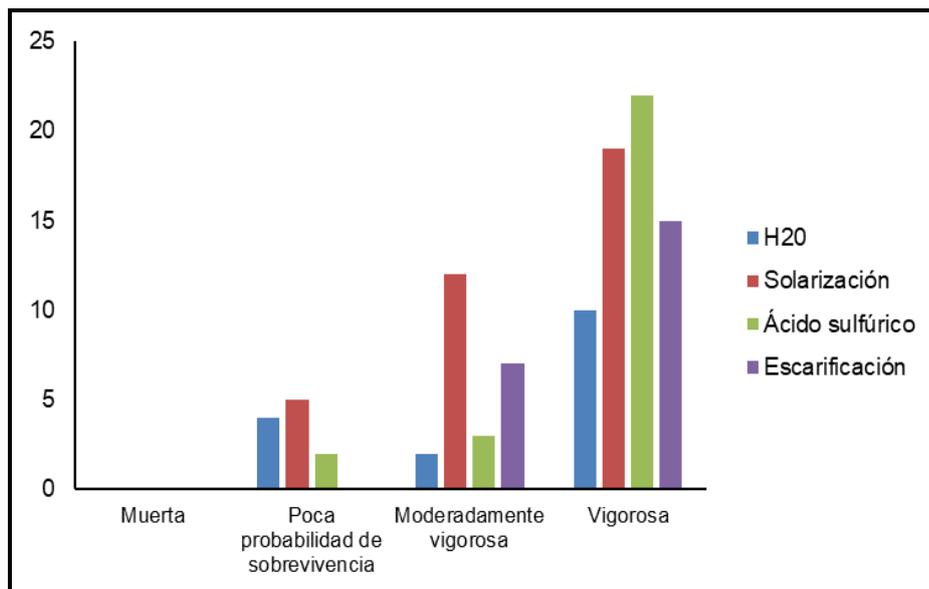
siguientes: el tratamiento con ácido sulfúrico (T3) el que presentó los valores mayores de diámetro fue de 0.47 cm; las plántulas provenientes con el tratamiento de semillas con solarización (T2) tuvieron un diámetro de 0.43 cm; las plántulas provenientes con el tratamiento de semillas con escarificación mecánica (T4) tuvieron un diámetro de 0.46 cm y las plántulas provenientes de semillas que recibieron el tratamiento de remojo en agua pura (T1), el diámetro fue de 0.31 cm.

4.2.1. Estado de vigorosidad de las plántulas

Se evaluó el estado de vigor de las plantas germinadas al cabo de 60 días, para esto se codificó en una libreta de apuntes cada una de las plantas según su estado, observado mediante la evaluación ocular, el resultado se muestra en la Figura 27.

Figura 24

Estado de vigorosidad de las plantas germinadas de Juglans neotropical Diels



En la Figura 27 se muestra los resultados del análisis, realizado según el estado de vigor de las plantas germinadas, hasta los 60 días de realizada la siembra, donde se puede apreciar que las plantas provenientes de semillas germinadas con tratamiento de ácido sulfúrico, presentaron la mayor cantidad de plantas vigorosas con un total de 22, las plantas provenientes del tratamiento de solarización se obtuvo un 19 plantas vigorosas, las plantas provenientes de semillas con el tratamiento de Escarificación mecánica, fueron 15 plantas, las plantas que presentaron el número más bajas fueron las que se sometieron al tratamiento de remojo en agua fría con un total de 10 plantas vigorosa.

4.2.2. Análisis de datos

a. Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de germinación

Se analizó la varianza de los datos del porcentaje de germinación de cada tratamiento pre germinativo aplicado a las semillas de *Juglans neotropica* Diels, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4

ANOVA del porcentaje de germinación

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	2386.111	3	795.370	18.28	0.00009	3.49
Error	522.222	12	43.519			
Total	2908.333	15				

$\alpha = 0.05$

En la tabla 4, se presenta el ANOVA del porcentaje de germinación de los tratamientos pre germinativos aplicados a *Juglans neotropica* Diels, donde se puede observar que sí existe diferencia significativa entre cada tratamiento aplicado, por lo cual se procedió a realizar el análisis de Tukey (0.05) para verificar la diferencia entre tratamientos aplicados. Los resultados se muestran en la tabla 5 y figura 28.

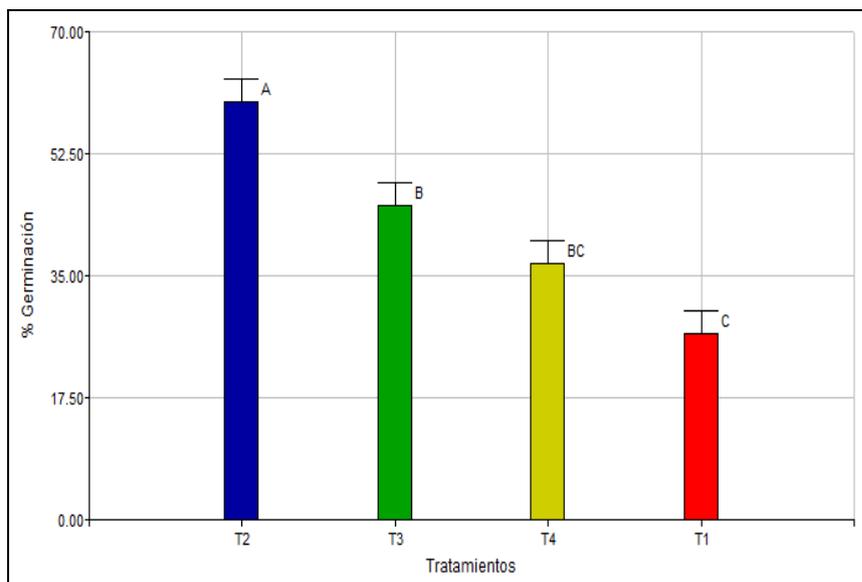
Tabla 5

Análisis Tukey del porcentaje de germinación.

Tratamiento	Medias	N	E.E	
T2	60.00	4	3.30	A
T3	45.00	4	3.30	B
T4	36.67	4	3.30	BC
T1	26.67	4	3.30	C

Figura 25

Análisis Tukey del porcentaje de germinación



En la tabla 5, se presenta los resultados del análisis del porcentaje de germinación de los tratamientos pre germinativos aplicados a las semillas de *Juglans neotropica* Diels, mediante la prueba de Tukey, donde se puede observar tratamientos con letras iguales lo que indica que no existe diferencia entre sí; en tanto que los tratamientos con letras diferentes si tienen diferencias significativas.

4.3. Discusión

En la presente investigación se evaluó la germinación de semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) sometidas a cuatro tratamientos pre germinativos. Como antecedentes se conoce que las semillas de la especie en estudio, presentan latencia exógena por lo cual es necesario aplicar tratamientos previos a su germinación (Gordon y Rowe, 1982). Como resultados de esta investigación, se ha determinado que el tratamiento con solarización fue el más efectivo con un 60 % de germinación, este resultado es coincidente con el resultado obtenido por Silva (2017), quien en su investigación determinó que el tratamiento de las semillas con exposición al sol fue la que presentó mayor efectividad para la germinación de semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) con el 61 % de semillas germinadas. Al respecto, Chiclote et al. (1985) y Hartmann et al. (1992) mencionan que, cuando las semillas son expuestas al sol, permite que en la testa de las semillas se produzcan fisuras; dichas fisuras, se rellena con arena fina para evitar que se cierren lo cual hace que disminuya el periodo de latencia, facilitando así la salida del embrión. Por otro lado, el tratamiento con

agua, aplicado en esta investigación, arrojó los menores resultados de germinación con un 27 %; sin embargo, estos resultados, no concuerdan con lo determinado por Meza y Bautista (2007) quienes indican que, el remojo de semillas en agua fría durante 24 horas, fue efectivo para la germinación. El bajo porcentaje de germinación determinado en el presente trabajo, mediante remojo en agua, puede ser atribuido al prolongado sometimiento de las semillas a este tratamiento (240 horas) comparado a lo determinado por Meza y Bautista (2007), que solo fue de 24 horas; también puede atribuirse al bajo porcentaje de germinación, al tipo de latencia combinada que poseen este tipo de semillas, donde se asocian la latencia endógena de tipo fisiológica y latencia exógena de tipo mecánica impuesta por el endocarpio grueso y duro (Flores et al. 2017; Baskin y Baskin, 2004).

El *tratamiento* de escarificación mecánica, aplicado en el presente trabajo, obtuvo uno de los porcentajes de germinación más bajos (37 %), esto se explica según lo indicado por Azas (2016), a que el embrión queda expuesto directamente al sustrato, y la semilla por tener una composición química del 65 % de aceite, y al no haber las condiciones adecuadas de temperatura, hacen que se descompongan con mayor facilidad en el menor tiempo posible al contacto del agua y del sustrato.

En promedio las semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) sometidas a los tratamientos pre germinativos de la presente investigación empezaron a germinar a los 30 días lo cual es un periodo aceptable y razonable para las semillas sometidas a tratamientos pre germinativos; al respecto, Ospina et al. (2003) en su investigación obtuvo resultados promedios de germinación semillas de nogal (*Juglans neotropica* Diels) a los 30 días de haberlas sometido a diferentes tratamientos pre germinativos. Estos resultados son validados y respaldados por Lemus (2001) indica que, las semillas de nogal en su estado natural demoran en germinar entre 40 y 90 días a más tardar hasta los 120 días, y cuando son sometidas a algún tratamiento pre germinativo, la germinación de las semillas de nogal se reduce oscilando entre 30 a 60 días.

En cuanto a la altura y diámetro de las plantas germinadas, los resultados indican que las plantas provenientes de semillas sometidas a tratamiento con ácido sulfúrico y solarización fueron las que obtuvieron la mayor altura y el mayor diámetro promedio a los 60 días de evaluación y las plantas tratadas con H₂O fueron las que presentaron menor altura y diámetro promedio; estos resultados son concordantes con lo determinado por Silva (2017), quien en su investigación obtuvo resultados similares ya que las plantas que tuvieron mayor

altura y diámetro fueron las plantas que germinaron mediante los tratamientos de exposición al sol. Una de las razones fisiológicas del efecto de solarización en algunas especies, es que la germinación es favorecida por el ingreso de la radiación solar, en especies denominadas fotoblásticas positivas, y este proceso se encuentra regulado por los fitocromos A y B, los cuales son pigmentos responsables de la captación de la radiación solar que ocurre en un rango de longitud de onda de 660 nm a 730 nm, donde los fitocromos se encuentran de forma inactiva; en esos casos, las semillas pueden entrar en un periodo de latencia (Jarma et al, 2007). Así mismo, una de las razones fisiológicas del ácido sulfúrico es romper la latencia inducida por el efecto de ablandar la testa, perforar, rasgar o abrirla para hacerla permeable, sin dañar el endospermo y el embrión (Padilla, 1995; citado por Viveros et al. 2015).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En cuanto a la germinación, las semillas sometidas a tratamiento con solarización (T2) y con ácido sulfúrico (T3), mostraron los mayores porcentajes de germinación con 60 % y 45 % respectivamente.

En cuanto al diámetro del tallo de la planta de *Juglans neotropica* Diels, las plántulas provenientes del tratamiento de semillas con ácido sulfúrico (T3), presentaron el mayor diámetro con 0.47 cm, a diferencia del tratamiento remojo en agua fría (T1), las plantas obtuvieron el diámetro igual a 0.31 cm siendo este el menor.

En cuanto a vigor de plantas, las plantas germinadas con tratamiento de ácido sulfúrico (T3), presentaron el mayor número de plantas vigorosas, con un total de 22 plantas; a diferencia del tratamiento con remojo en agua (T1), que presentó solamente 10 plantas vigorosas.

En cuanto a altura de plantas, las plantas provenientes de semillas germinadas con tratamiento de ácido sulfúrico (T3), presentaron el mayor promedio de altura con 23.68 cm; a diferencia del tratamiento con remojo en agua (T1), donde las plantas solamente alcanzaron una altura de 12.8 cm.

5.2. Recomendaciones

Repetir el tratamiento con remojo en agua fría de caño, teniendo en cuenta que las semillas sometidas a este tratamiento en el presente trabajo fueron de 10 días.

Diseñar un ambiente adecuado para que la temperatura sea óptima para la semilla de *Juglans neotropica* Diels, puesto que en Jaén la temperatura promedio es muy alta.

Probar diferentes tipos de sustrato que permita determinar el más adecuado para que las plántulas de *Juglans neotropica* Diels, puedan desarrollar eficientemente.

A futuras investigaciones se les recomienda emplear el ácido sulfúrico como tratamiento pre germinativo para especies de testa gruesa ya que obtendrán mejores resultados en cuanto a crecimiento.

A los proyectos de reforestación se les recomienda utilizar la especie de *Juglans neotropica* Diels, para recuperar suelos degradados por minerías, ganadería, u otro tipo de erosiones.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Guevara, P. E. (2020). *Efecto del sustrato enriquecido con Trichoderma spp. más citoquininas, en cinco métodos de escarificación en semillas de nogal (Juglans neotropica Diels)*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Armijos, A. A., & Sinche, M. G. (2013). *Distribución y propagación asexual de cuatro especies forestales nativas en vivero utilizando dos tipos de sustratos, en la Hoya de Loja*. Tesis de licenciatura no publicada. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Azas, R. D. (2016). *Evaluación del efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de nogal (Juglans neotropica Diels) en el recinto pumin provincia de Bolívar*. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Baiker, J. R. (2019). *Bosques andinos y cambio climático* <http://www.bosquesandinos.org/los-bosques-andinos/>.
- Banda, N. E., Villar, M. Á., Marcelo, F. E., & Baselly, J. R. (2018). *Efecto de un tratamiento pre-germinativo en semillas de Cedrela lilloi (Cedro de altura) C. DC. y Prunus ruiziana Koehne (Layo)*.
- Barreto, G., & Herrera, J. D. (1990). *Juglans neotropica*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura - Instituto de Recursos Naturales Renovables y del Ambiente - Plan de Acción Forestal para Colombia Serie N°(40).
- Bautista, J. E. (2017). *Las semillas forestales en el Perú: desafíos y oportunidades*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Casamiquela, C., Delgado, G., Solís, O., Neme, J., Lechadoy, M., Morón, P., & Pons, A. (2014). *Manual de buenas prácticas agrícolas (BPA) para la producción de nuez de nogal*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.
- Castro, L., Suárez, J. C., & López, C. F. (2012). *Conocimiento local de los servicios ecosistémicos en arreglos agroforestales de café (Coffea arabica L.) del sur de Colombia*. Ingenierías & Amazonia, 5(1), 17-29.

- Chusquillo, L. (2014.). *Diseño de un proceso para la obtención de compuestos fenólicos del pericarpio de la semilla del nogal (Juglans netropica Diels) y extracción del aceite de la nuez*. Tesis de licenciatura no publicada. Quito, Ecuador.
- Curillo, M. N. (2017). *Eficiencia de la multiplicación in vitro de Juglans neotrópica (nogal)* . Tesis Doctoral. Universidad de Cuenca.
- Gladys, P. L. G. (2010). *Evaluación de tres tratamientos pregerminativos con cuatro*. Riobamba-Ecuador.
- Gómez, M. L., & Toro, J. L. (2007). *Manejo de las Semillas y la Propagación de diez Especies Forestales del bosque Medellín*. Colombia: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-Corantioquia.
- González, M. R., Reinaldo, J. R., Ortiz, R. S., & Cabo, J. L. (2013). *Pregerminación de semillas de cinco especies forestales con aguas residuales de la producción de torula*. Revista Científica Agroecosistemas, 1(2).
- Infoagro (2016). *El Cultivo de nogal*.
- Jarma, A., Arbelaez, J., & Clavijo, J. (2007). *Germinación de Ischaemum rugosum Salisb. en respuesta a estímulos ambientales y químicos*. Rev. Temas Agrarios 12(2):31-41. doi:10.21897/rta.v12i2.1198.
- Kleinn, C. (2000). *Inventario y evaluación de árboles fuera del bosque en grandes espacios*. Unasylva, 200(51), 3.
- Lemus, G. (2001). *El nogal en Chile*. . Santiago de Chile, Chile, Gobierno de Chile. 2016 p.: 1 ed. Marchant, NA (ed.).
- Lemus, G. (2004). *El nogal en Chile*. Instituto de investigaciones agropecuarias INIA. 94 - 104 p.
- Leyva, G. A., & Cescas de Leyva, M. (1980). *Árboles de la Sabana de Bogotá* (Unidas ed.). Colombia.
- Luna Chávez, C. M., & Gladis Enith, R. M. (2015). *Influencia de la temperatura en el teñido de fibras proteínicas (queratina) con hojas de nogal*.

- Mañas, E., Talavera, A., & Camacho, M. (2000). *Guía para la Recolección Manejo de semillas de especies Forestales*. México: Boletín Divulgativo N°. 63. INIF.
- Martinez, V. (2005). *Manejo de semillas en especies del género Juglans*. Serie Temas Forestales (4), 66.
- Masías, K. (2007). *Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal (Juglans neotropica Diels) proveniente de la cuenca alta del río Zaña*. Tesis de licenciatura no publicada. Lima, Perú.: Universidad Nacional Agraria La Molina, .
- Matilla, A. (2013). *Desarrollo y Germinación de Semillas*. En A. Bieto, Fundamentos de Fisiología Vegetal (p. 537-558). Barcelona: McGraw-Hill.
- Montoya, B., Lemeshko, V., López, J., Pareja, A., Urrego, R., & Torres, R. (2003). *Actividad antioxidativa de algunos extractos vegetales*. Vitae, 10(2), 72-79.
- Muncharaz, F. (2012). *El nogal: Técnicas de producción de fruto y madera*. España: Paraninfo.
- Nieto, V., & Rodríguez, J. (2002). *Juglans neotropica Diels*. En: Vozzo, J. (Ed.). Tropical Tree Seed Manual. USDA Forest Service. Washington D.C., USA. p 528.
- Ortega, H. (2007). *Estudio del ataque de Gretchena garai Miller en nogal (Juglans Neotropica Diels) en plantación sola y asociada con cuatro especies forestales en dos sitios*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Ospina, C., Hernández, R., Aristizabal, F., & Patiño, J. &. (2003). *El cedro negro: una especie promisorio de la zona cafetera*. 25(1) (H. Ospina, Ed.) Chinchiná, Caldas, Colombia: Cenicafé.
- Peña, S. G. (2015). *Composición y diversidad arbórea en un área del bosque Chinchiquilla. San Ignacio–Cajamarca, Perú*. Arnaldoa, 22(1), 139-154.
- 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)*. Maskana, 5(2), 81-85.

- Pizarro, M. (2015). *Germinación de pino (Pinus radiata D. Don) a partir de semilla botánica utilizando sustratos: aserrín, turba y cascarilla de arroz*. San Jerónimo-Cusco.
- Pretell, C. J., Ocaña, V. D., Jhon, J. R., & E., B. C. (1985). *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana*. Lima, : Ministerio de Agricultura - Instituto Nacional Forestal y de Fauna. FAO, p. 77-79.
- Quintero, G. O., & Jaramillo, V. S. (2012). *Rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros de cedro negro (Juglans neotropica Diels)*. Acta Agronómica, Vol. 61, N° 1, p. 52-60.
- Quiroz, R. E. (2013). *Evaluación de la actividad cicatrizante de un gel elaborado a base de los extractos de nogal (Juglans neotropica Diels), ortiga (Urtica dioica L.), sábila (Aloe vera), en ratones (Mus musculus)*. Tesis de licenciatura no publicada,. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Reynel, C., & Marcelo, J. (2009). *Arboles de los Ecosistemas Forestales Andinos*. Lima: Manual de identificación de especies (Vol. 9). (I. F. INT, Ed.).
- Rodríguez, R. E. (2018). *Exstructura de ebanisteria*. Universidad Enrique Guzmán y Valle. Lima, Perú.
- Rodriguez, C., Vazquez, & Yanez. (1992). *La conservación de plantas en peligro de extinción a través del almacenamiento a largo plazo de semillas*.
- Rojas, R. F., & Torres, C. G. (2008). *Árboles del Valle central de Costa Rica*:. Obtenido de KURU. Revista forestal de Costa Rica, 3
- Rosero, H. E. O. (2011). *Estudio del Efecto de Fertilización en el establecimiento del cultivo de nogal (Juglans neotropica Diels), en la Granja Experimental Tunshi*. Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Sandoval, L., & Venegas, O. (2009). *Elaboración de turrón duro con quinua (Chenopodium quinoa L.) y almendra de nogal (Juglans neotropica)*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

- Septimo, D. R. E. (2020). *Efecto de la fitohormonas en la germinación de las semillas de nogal (Juglans pyriformis Liebmann) en el invernadero de la ciudad Universitaria Shancayán*. http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4605/T033_45279611_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Silva, v. G. (2017). *Metodología de escarificación para la producción de plantones de nogal (Juglans neotropica Diels) en Rodríguez de Mendoza, Amazonas*.
- Suárez, D., & Melgarejo, L. M. (2010). *Biología y germinación de semillas*. Experimentos en fisiología vegetal, 13-25.
- Suarez, F. (1985). *Evaluación de la calidad y comportamiento de las semillas Juglans neotropica*.
- Toro, V. E. & Roldán, R. I. C. (2018). *Estado del arte, propagación y conservación de Juglans neotropica Diels en zonas andinas*. Madera y bosques, 24(1).
- Varela, S., & Arana, V. (2011). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos*. San Carlos de Bariloche. Serie Técnica: "Sistemas Forestales Integrados".
- Villacís, G. F. (2013). *Evaluación de tres tipos de sustratos y tres métodos de escarificación en la germinación de la semilla de nogal (Juglans Neotropica) a nivel de vivero*.
- Viveros, H., Juan Diego, H. P., Mario Valerio, V. G., René, R. S., César, R. M., Armando, A. R., Julia, H. V. (2015). *Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial*. Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana.
- Yamamoto, J. P., & Barra, M. (2003). *Especies forestales nativas con potencial para reforestación en la provincia de Oxapampa y fichas técnicas de las especies de mayor prioridad*. Oxapampa, Perú. Pronaturaleza.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Cuadros de resultados de la investigación de la semilla forestal de *Juglans neotropica* Diels.

Tabla 6

Altura promedio de las plantas con cada tratamiento pre germinativo

Tratamiento	N° de plantas	Repetición			
		R1	R2	R3	R4
H ₂ O	16	14.70	12.8	18	14.5
Solarización	36	16.68	19.42	22.16	18.5
Ácido sulfúrico	27	19	23.68	17.83	21.6
Escarificación	22	15.83	17.2	20.25	16.2

Tabla 7

Diámetro del tallo promedio de las plantas con cada tratamiento pre germinativo

Tratamiento	N° de plantas	Repetición			
		R1	R2	R3	R4
H ₂ O	16	0.31	0.34	0.36	0.33
Solarización	36	0.38	0.39	0.43	0.41
Ácido sulfúrico	27	0.35	0.47	0.32	0.35
Escarificación	22	0.34	0.42	0.46	0.32

Tabla 8

*Estado de vigor de las plantas germinadas de *Juglans neotropica* Diels.*

Tratamiento	Muerta	Poca probabilidad de supervivencia	Moderadamente vigorosa	Vigorosa	Total
H ₂ O	0	4	2	10	16
Solarización	0	5	12	19	36
Ácido sulfúrico	0	2	3	22	27
Escarificación	0	0	7	15	22

Anexo 2. Panel fotográfico



Foto 1. Instalación del vivero



Foto 2. Siembra de las semillas de nogal



Foto 3. Recolección de datos de las plántulas de nogal



Foto 4. Labores Silviculturales



Foto 5. Medición de la altura de las plántulas de nogal



Foto 6. Medición de diámetro de las plántulas con el pie de rey



Foto 7. Observación del estado fitosanitario de las plántulas



Foto 8. Plántula de nogal a los 3 meses



Foto 9. Plántula desnuda de nogal (*Juglans neotropica* Diels)



Foto 10. Plántula desnuda de nogal (*Juglans neotropica* Diels).



Foto 11. Observación de la raíz y la parte interna de la semilla de nogal



Foto 12. Raíz desnuda de nogal (*Juglans neotropica* Diels)

Anexo 3. Certificados de calidad fitosanitario

ARBORIZACIONES E.I.R.L.
Análisis de Semillas y Plantas
Telefax: N° 4503165



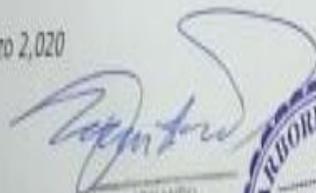
CERTIFICADO DE CALIDAD FÍSIOLOGICA DE SEMILLAS FORESTALES

EL ANÁLISIS DE CALIDAD FÍSIOLOGICA REALIZADA A LOS LOTES DE SEMILLAS EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESTA EMPRESA, INDICA LO SIGUIENTE:

Espece	Procedencia	Pureza (%)	N° sem/kilo Promedio	Peso de 1000 sem (kg.)	Germinación (%)
<i>Juglans neotropica</i> "Nogal "	Huaraz	100	45	22.2	70

Los análisis de calidad fisiológica se han efectuado sobre muestras representativas y fueron realizadas de acuerdo a las Normas Internacionales de Análisis de Semillas (ISTA). Este análisis es para la comercialización de las semillas por nuestra empresa.

Lima, Marzo 2, 020


ARMANDO
QUISPE BANTOS
INGENIERO FORESTAL



Anexo 4. Características de la semilla forestal

Características de la semilla forestal garantizada

CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS

Especie: Juglans neotropica "Nogal"

Procedencia: <u>Huaraz</u>	Altitud (msnm): <u>3,200</u>
Precipitación (mm): <u>800</u>	Temperatura X anual (°C): <u>12</u>
Nº semillas / kilo: <u>45</u>	Pureza (%): <u>98</u>
Germinación (%): <u>70</u>	Fecha de recolección: <u>Enero 2020</u>
Peso (kg.): <u>4</u>	Peso de 1000 semillas (kg.): <u>22.2</u>

Fecha de análisis: Marzo 2020 Observaciones: _____

Semillas tratadas con Tifón

Fecha: Marzo 2020

CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS

Especie: Juglans neotropica "Nogal"

Procedencia: <u>Huaraz</u>	Altitud (msnm): <u>3,200</u>
Precipitación (mm): <u>800</u>	Temperatura X anual (°C): <u>12</u>
Nº semillas / kilo: <u>45</u>	Pureza (%): <u>98</u>
Germinación (%): <u>70</u>	Fecha de recolección: <u>Enero 2020</u>
Peso (kg.): <u>4</u>	Peso de 1000 semillas (kg.): <u>22.2</u>

Fecha de análisis: Marzo 2020 Observaciones: _____

Semillas tratadas con Tifón

Fecha: Marzo 2020