

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



GERMINACIÓN DE SEMILLA BOTÁNICA DE *Hieronyma alchorneoides* Allemão UTILIZANDO TRATAMIENTOS PRE-GERMINATIVOS QUÍMICO Y MECÁNICO, SAN IGNACIO – PERÚ

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOSÉ DARÍO FERNÁNDEZ AGUILAR

ASESOR

M.C. MARCELA NANCY ARTEAGA CUBA

JAÉN – PERÚ
2021



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los doce días del mes de agosto del año dos mil veintiuno, se reunieron en el **Ambiente virtual a través de la herramienta del Google meet**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 606- 2019-FCA-UNC, de fecha 18 de diciembre del 2019, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"GERMINACIÓN DE SEMILLA BOTÁNICA DE *Hyeronima alchorneoides* Allemão UTILIZANDO TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS QUÍMICO Y MECÁNICO, SAN IGNACIO - PERÚ"**, ejecutado(a) por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don JOSÉ DARIO FERNÁNDEZ AGUILAR**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **ocho** horas y **cuatro** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al 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, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

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

Jaén, 12 de agosto de 2021.

Ing. M. Sc. Segundo M. Tafur Santillán
PRESIDENTE

Ing. Leiver Flores Flores
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
VOCAL

Mtblga Mg. Marcela N. Arteaga Cuba
ASESOR

DEDICATORIA

A mi heroína, a una mujer que es más que mi amiga, a una mujer extraordinaria a mi madre Delia Marina Aguilar Cabrera que vivas por siempre.

AGRADECIMIENTO

A mi familia y a mis profesores por el apoyo brindado en la orientación, para lograr la formación profesional deseada.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	11
2.1. Antecedentes de la Investigación	11
2.2. Bases teóricas para la investigación	14
2.2.1. Semilla y Germinación	14
2.2.2. Factores que intervienen en la germinación	18
2.2.3. Factores que impiden la germinación de la semilla	19
2.2.4. Tratamientos pre-germinativos	19
2.2.5. Descripción de la especie <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	20
A. Clasificación Taxonómica	20
B. Nombre común	21
C. Descripción Botánica	21
D. Distribución de la especie	22
E. Sitios óptimos para su crecimiento	23
2.2.6. Definición de términos básicos	23
A. Germinación	23
B. Semilla	24
C. Tratamiento pre-germinativo	24
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	25
3.1. Ubicación de la investigación	25
3.2. Materiales	26
3.3. Metodología	26
3.3.1. Trabajo de campo	26
3.3.2. Unidad de análisis, universo y muestra	29
3.3.3. Distribución de los Tratamientos	30
3.3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	31
3.3.6. Cama almaciguera	31

3.3.7. Disposición de tratamientos en vivero	31
3.3.8. Evaluaciones y registros	32
3.3.9. Trabajo en gabinete	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Calidad de la semilla de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	33
4.1.1. Pureza de la semilla de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	33
4.1.2. Poder germinativo de la semilla de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	34
4.1.3. Calidad germinativa de la semilla de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	35
4.2. Germinación de semilla de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão según tratamientos pre-germinativos	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1. Conclusiones	41
5.2. Recomendaciones	42
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CAPÍTULO VII. ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución de tratamientos en cama almaciguera, en un DBCR	31
Tabla 2.	Pureza de las semillas de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	33
Tabla 3.	Poder germinativo de las semillas de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	34
Tabla 4.	Calidad germinativa de las semillas de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	35
Tabla 5.	Resultados de germinación de los tratamientos pre-germinativos de la semilla de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	37
Tabla 6.	Análisis de variancia (ANVA) para la variable porcentaje (%) de germinación de semillas de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	38
Tabla 7.	Prueba de significación de Duncan al 5 % de probabilidades para los promedios de los tratamientos en estudio	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación	25
Figura 2	Resultados de germinación de los tratamientos pre-germinativos de la semilla de <i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	37
Figura 3.	Jerarquización de tratamientos según Duncan para el porcentaje de germinación de los tratamientos pre-germinativos ensayados	39

RESUMEN

La especie forestal *Hieronyma alchorneoides* Allemão es un árbol altamente valorado por su madera densa y durable, sirve como sombra en cultivos agroforestales, su regeneración natural es escasa debido a la alteración e intervención de su habitat natural, la propagación de la especie en estado natural no es eficiente ya que al demorar en germinar la semilla esta pierde su poder germinativo. El objetivo de la investigación es determinar la eficiencia de los tratamientos pre-germinativos químico o mecánico en la germinación de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, Se realizó el análisis de la calidad, pureza y viabilidad de semillas; para la escarificación se usó la técnica de lijado manual, luego las semillas se sometieron a los tratamientos siguientes: ácido giberélico a 500 ppm, 1000 ppm y nitrato de potasio a 500 ppm, a 1000 ppm, e hidratación 12 horas. Se obtuvo los siguientes resultados; la calidad de semilla, análisis de pureza de 88.57 %, poder germinativo 41.5 %, la calidad germinativa fue de 41 días para el inicio de la germinación y 22 días para la germinación total. El ANVA muestra que, no existe significación estadística para las repeticiones o bloques, lo que nos indica que hubo homogeneidad entre las unidades experimentales y si existe alta significación estadística para los tratamientos pre-germinativos, puesto que la F calculada supera a la F tabular a niveles muy altos (0.00000187) de probabilidades, lo cual indica que las medias de los tratamientos difieren uno del otro. La prueba Duncan al 5 % de probabilidad, y finalmente se concluyó que el tratamiento de escarificación más nitrato de potasio (KNO₃) a 1000 ppm es superior estadísticamente a todos los demás tratamientos con 62 % de semillas germinadas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão.

Palabras clave: Germinación, semilla, tratamientos pre-germinativos, *Hieronyma alchorneoides* Allemão.

ABSTRACT

The forest species *Hieronyma alchorneoides* Allemão is a tree highly valued for its dense and durable wood, it serves as shade in agroforestry crops, its natural regeneration is scarce due to the alteration and intervention of its natural habitat, the propagation of the species in its natural state is not efficient because, as the seed takes a long time to germinate, it loses its germination power. The objective of the research is to determine the efficiency of the chemical or mechanical pre-germinative treatments on the germination of *Hieronyma alchorneoides* Allemão seed, The analysis of seed quality, purity and viability was carried out. For scarification, the manual sanding technique was used, then the seeds were subjected to the following treatments: gibberellic acid at 500 ppm, 1000 ppm and potassium nitrate at 500 ppm, at 1000 ppm, and hydration for 12 hours. The following results were obtained; seed quality, purity analysis of 88.57%, germination power 41.5%, germination quality was 41 days for the beginning of germination and 22 days for total germination. The ANVA shows that there is no statistical significance for the repetitions or blocks, which indicates that there was homogeneity among the experimental units and if there is high statistical significance for the pre-germinative treatments, since the calculated F exceeds the tabular F at very high levels (0.00000187) of probability, which indicates that the means of the treatments differ from each other. The Duncan test at 5% probability, and finally it was concluded that the scarification treatment plus potassium nitrate (KNO₃) at 1000 ppm is statistically superior to all the other treatments with 62% of germinated seeds of *Hieronyma alchorneoides* Allemão.

Key words: Germination, seed, pre-germination treatments, *Hieronyma alchorneoides* Allemão.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de plantaciones forestales en el trópico húmedo ha generado la introducción de especies de rápido crecimiento, amplia experiencia silvicultural y que tengan fuentes comerciales de semillas. Sin embargo, estas plantaciones se ven afectadas en áreas con altas precipitaciones, suelos ácidos y degradados, lo que genera pérdida en el abastecimiento de semillas.

El abastecimiento de semillas para las especies de alto potencial, es la principal limitante para su uso extensivo y continuo. La variación fenológica de las especies forestales tropicales sugiere la necesidad de investigar métodos de germinación y almacenamiento de semillas, las cuales han sido caracterizadas por su corta viabilidad y ausencia de mecanismos que conserven su poder germinativo.

La calidad de las semillas de muchas especies cultivadas depende significativamente del grado de maduración que tengan estas en el momento de la colecta de los frutos, del proceso de obtención y de su manejo posterior. Por consiguiente, el mejoramiento de las semillas debe estar encaminado fundamentalmente al perfeccionamiento de métodos de obtención y de almacenamiento de semillas, y a la aplicación de técnicas fisiológicas para su germinación (Sánchez 2011).

Además, existen semillas que; debido a las características físicas y químicas del tegumento; presentan una estructura y consistencia compacta e impermeable al agua y gases; inhibidora mecánica y química de la germinación (Rodríguez et al. 2012). Este factor; se vuelve limitante en la propagación de las especies; en particular leguminosas y otras familias que poseen semillas con tegumento duro e impermeable (Sotolongo et al. 2008).

La especie *Hieronyma alchorneoides* Allemão, es un árbol altamente valorado por su madera densa y durable, razón por la cual es muy usada en la construcción pesada como horcones y vigas para las casas, en la construcción de carrocerías para camiones, el aserrado es fácil y tiene buena capacidad para soportar clavos y tornillos, también se usa en la fabricación de muebles, es muy resistente a termitas por lo que se recomienda para postes de cercas. También es una especie con alto potencial forestal en suelos ácidos y degradados, la que contribuye a una mejora del suelo mediante un aumento de hojarasca.

Por otro lado, es necesario mencionar que la regeneración natural de la especie *Hieronyma alchorneoides* Allemão, es escasa debido a la alteración e intervención de su hábitat natural y otros factores ambientales, razones por las cuales se realiza el presente trabajo de investigación a través del objetivo general, determinar la eficiencia de los tratamientos pregerminativos químico o mecánico en la germinación de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, con la finalidad de garantizar su propagación.

Los objetivos específicos fueron:

- ✓ Determinar la calidad de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão.
- ✓ Evaluar la concentración de ácido giberélico (500 ppm, 1000 ppm) en el proceso de germinación, después de la escarificación de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão.
- ✓ Evaluar la concentración de Nitrato de potasio (500 ppm, 1000 ppm) en el proceso de germinación, después de la escarificación de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Quispe (2014), realizó ensayos de germinación de *Prosopis pallida* Kunth, aplicando cinco tratamientos pre germinativos en sus semillas. Estas se colectaron en el Área de Conservación Privada Cañoncillo (ACPC), distrito de San José, provincia de Pacasmayo, región La Libertad. Las semillas fueron remojadas por 30' para los tratamientos; la siembra y evaluación de las semillas se hizo en placas Petri (utilizando algodón humedecido con agua destilada) y en vivero (arena de río), a temperatura ambiente. Los resultados del análisis físico mostraron un porcentaje de pureza del 91.20 %, contenido de humedad de 12 % y 21 053 semillas por kilogramo. El porcentaje de germinación para el tratamiento mediante escarificación mecánica resultó de 97 % en laboratorio y 96 % en vivero, con ácido giberélico 87 % a 1000 ppm y 86 % a 2000 ppm en laboratorio y en vivero 86 % a 1000 ppm y 85 % a 2000 ppm, con nitrato de potasio 85 % a 1000 ppm y 84 % a 2000 ppm en laboratorio, en vivero 84.5 % a 1000 ppm y 84 % a 2000 ppm, el testigo obtuvo 80 % en laboratorio y 79 % en vivero, el inicio de la germinación fue a partir del tercer día para laboratorio y quinto día para vivero, la energía germinativa más significativa resultó mediante escarificación mecánica logrando el 97 % en laboratorio y 94.5 % en vivero, el valor de germinación (VG) más alto lo obtuvo el tratamiento de escarificación mecánica, logrando 198.93 en laboratorio y 56.83 en vivero, el testigo obtuvo 30.25 de VG en laboratorio y 18.17 de VG en vivero.

Ahumada (2017), probó 5 tratamientos buscando determinar el efecto del ácido giberélico en la germinación de la semilla de *Tectona grandis*, los mismos que consistieron en: inmersión en agua pura durante 24 h (T1), inmersión en una concentración de 500 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h (T2), inmersión en una concentración de 1000 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h (T3), inmersión en una concentración de 2000 ppm de ácido giberélico con 1 litro de agua durante 24 h (T4), siembra directa sin ningún tratamiento (testigo) (T5). El resultado obtenido fue de una germinación de 37.33 %, 42 % y 55.33 % respectivamente, para los tratamientos de T2, T3, T4; en

tanto que el tratamiento con agua pura tuvo un 40 % de germinación y el testigo un 9.33 %. Se concluye que el mejor tratamiento fue el T4 remojo en ácido giberélico a 2000 ppm durante 24 horas, con el que se logró un 55.33 % de germinación.

Jiménez et al, (2017), evaluaron la germinación y crecimiento de semillas de balsa aplicando siete tratamientos pregerminativos: inmersión en HSO_4 por 32 minutos, inmersión en agua a 80 °C durante tres minutos, testigo, remojo en agua a 100 °C por 15 minutos, remojo en agua de coco 12 horas, lijado de las semillas hasta que pierdan su brillo natural, calor seco 96 °C durante 5 minutos. Sembradas en siete sustratos utilizando tierra negra sola y combinada con: tamo de arroz, arcilla más arena, humus UTEQ, zeolita, arcilla más ceniza, humus nacaro (humus de lombriz). Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) en un arreglo factorial 7 (sustratos) x 7 (tratamientos pre-germinativos) con tres repeticiones y 10 unidades de observación. A los 28 días el factor (sustrato) que más influyó en el porcentaje de germinación fue tierra negra más zeolita 7 g/kg con 17,75 %. El tratamiento pre-germinativo (lijado de las semillas) 20,85 %. Tierra negra + humus UTEQ 0,70 g/kg x remojo en agua de coco por 12 horas, mostró 133,11 mm de altura de plántula. Tierra negra + humus UTEQ 0,70 g/k con 3,27 mm de espesor del vástago. El mayor número de hojas (cinco) se obtuvo en el tratamiento tierra negra + inmersión en HSO_4 .

Bulnes (2017), determinó el efecto de dosis de ácido giberélico y nitrato de potasio en la germinación *Camellia sinensis* en Leoncio Prado. Los resultados arrojaron que el mayor porcentaje de semillas germinadas se ha registrado en la aplicación de 500 mg de GA3 (T3), la misma que ha contenido mayor concentración de este estimulante y alcanzó un 80 % de germinación. Del otro extremo, el testigo absoluto (T0) y la dosis de 500 mg de KNO_3 (T6) alcanzaron sólo un 62.5 % de germinación.

Muñoz (2018), realizó un trabajo de investigación en la ciudad de La Paz, titulada Evaluación del efecto de dos tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos en la germinación de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el centro experimental Cota Cota. Los tratamientos pre germinativos fueron: 2 y 4 minutos expuestos al agua caliente respectivamente. La proporción de los sustratos

fueron del Sustrato 1(S1): 2 de materia orgánica, 2 de suelo del lugar y 1 de arena. Sustrato 2 (S2): 3 de materia orgánica, 2 de suelo del lugar y 1 de arena. Sustrato 3 (S3): 1 de materia orgánica, 2 de suelo del lugar y 1 de arena. Se utilizó el diseño completamente al azar bifactorial siendo el factor A, proporción de sustratos y el factor B, tratamiento en agua caliente con 6 tratamientos y 2 repeticiones. Se usó el software INFOSTAT para realizar el análisis de varianza con un diseño completamente al azar bifactorial para analizar los resultados. Las características físicas que se tomó en cuenta fueron: Pureza física con un 96.45 %, número de semillas en un kilogramo 4195 semillas/ kilogramo, contenido de humedad 6 %, porcentaje de emergencia 93 %. Las variables de respuesta son: Altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), número de hojas y longitud de raíz (cm). El mejor tratamiento para altura, diámetro, número de folíolos fue el tratamiento 2 G2S1 recomendable. El mejor tratamiento para la raíz fue el G2S3 por la cantidad de materia orgánica que tiene el sustrato.

En el vivero del CATIE, en Costa Rica, se logró uniformar grandemente la germinación de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, lavando los frutos en agua con jabón, y luego dejándolos 24 horas en agua. Se aconseja usar un sustrato arenoso o tierra bien suelta, y sembrar superficialmente los frutos cubriéndolos con el sustrato (CATIE 2018).

Quiroz (2019), determinó el efecto del ácido giberélico en la germinación de las semillas de *Hieronyma asperifolia* Pax & K. Hoffm. (chupica), para lo cual se usó

cuatro tratamientos pre germinativos: T1 (500 ppm de AG3); T2 (1000 ppm de AG3); T3 (2000 ppm de AG3); T4 (4000 ppm de AG3); TC (Tratamiento control sin AG3). Los resultados del análisis físico muestran un porcentaje de pureza del 42 %, contenido de humedad del 15.63 % y 560 Semillas por kilogramo. El tratamiento T4, fue el que dio el mayor porcentaje de germinación, con un 87.33 %. Las semillas del testigo (sin tratamiento pre germinativo), no germinaron.

Condori y Martínez (2020), evaluaron las semillas de especies nativas del altiplano, a través de cuatro tratamientos físicos y químicos, con los objetivos de determinar su efecto en la germinación y otros valores asociados. Los promedios de germinación encontrados fueron de 78, 88 y 61 % obtenidos con tratamiento,

fueron superiores a los valores 53, 64 y 56 %, obtenidos sin aplicar tratamientos. Los porcentajes de pureza fueron de 77 % a 93 %.

2.2. Bases teóricas para la investigación

2.2.1. Semilla y germinación

Bidwell (1993), menciona que, la semilla es una estructura en reposo. Por lo regular esta deshidratada, compuesto principalmente de tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable. Los procesos metabólicos están suspendidos o tienen lugar muy lentamente; la semilla está en condición de vida interrumpida, debido principalmente a su carencia de agua y oxígeno. El proceso de germinación consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento. Unas cuantas cubiertas seminales son tan impermeables al agua que necesitan condiciones extremas para germinar.

Theodore et al. (1982), menciona que la estructura de las semillas de las latifoliadas es semejante a las coníferas, excepto que todos los tejidos son diploides; las semillas de las coníferas son diploides con excepción del endospermo. El endospermo de las semillas de las latifoliadas se compone principalmente del almidón y los cotiledones no llegan a funcionar como hojas, sino que la semilla en germinación los consume como fuente de carbohidratos. Otra diferencia notable es que, en el momento de la caída de las semillas de las coníferas tienen un contenido de humedad de aproximadamente 10 %, mientras que las latifoliadas contienen hasta 40 % de humedad.

Vázquez (1997), indica que los recursos de una planta para producir semillas son limitados, así que cierta cantidad de energía disponible para producirlas puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un gran número de semillas grandes. El número producido y su tamaño afectaran la capacidad de sobrevivencia y perpetuación de las especies. Las plantas que producen muchas semillas pequeñas se diseminan más ampliamente y tienen mayores oportunidades de encontrar un sitio favorable para germinar y crecer; sin embargo, su

tamaño pequeño aporta poco al crecimiento de la nueva planta y esta depende muy pronto de los recursos disponibles en su medio, por lo que su riesgo de morir es muy alto. También tienen menor resistencia a los efectos de la defoliación por herbívoros y pueden ser aplastadas fácilmente por la hojarasca que cae al suelo. Aunque esto se recompensa de alguna manera por el gran número, solo una pequeña fracción sobrevive a todos esos accidentes. La dispersión de semillas es una de las estrategias de las plantas para evitar ser depredadas o para llegar a sitios adecuados para su germinación. El éxito reproductivo en gran parte depende de la forma y amplitud de dispersión que tengan las especies.

Jara (1994), menciona que, en condiciones naturales, la distancia a la que se mueve la semilla con respecto a los árboles madre es limitada. Frecuentemente una gran cantidad de frutos o semillas cae dentro del área cubierta por la copa. Las semillas aladas y livianas son dispersadas más ampliamente por el viento y las semillas contenidas en frutos suculentos son dispersadas por aves y otros animales. Aun así, la distancia de dispersión se puede medir en decenas o centenas de metros en vez de kilómetros.

Trujillo (1996), define a las semillas forestales como el principal medio para perpetuar de generación en generación. Es decir, la semilla es el germen de la vida, el principio y el fin de una serie de procesos fisiológicos que comienzan con la floración y fecundación de los óvulos y terminan con la germinación de la semilla madura. Durante la formación de la semilla, se producen y almacenan reservas en el endosperma (monocotiledóneas) o los cotiledones (dicotiledóneas). El CO₂ fijado por las hojas se convierte en sacarosa, transporta a través del floema y se acumula en los tejidos de reserva de la semilla. Durante la formación del endosperma se sintetizan proteínas (enzimas y reservas). Posterior a la acumulación de almidones. De igual manera se acumulan lípidos, los cuales son más energéticos como tejido de reserva y estos tienen una participación activa durante la germinación y el crecimiento. La germinación de la semilla es como un fenómeno biológico, que puede

interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual ha sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla. Durante el desarrollo de la germinación intervienen eventos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos. Básicamente supone la activación metabólica de la semilla hasta que se da origen a una plántula normal. Para mejorar y hacer óptimas las condiciones para la germinación se recurre al uso de tratamientos pregerminativos, las cuales ayudan de una u otra manera al estímulo germinativo bien sea superando barrera físicas o biológicas.

Hartman y Kester (1987) afirman que, el proceso de germinación se divide en tres etapas consecutivas separadas. Así tenemos:

a. Etapa 1 (Activación)

Imbibición del agua: La semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidez, luego se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata al protoplasma. La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse aun en semillas muertas.

Síntesis de enzimas: La actividad de las enzimas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla. La activación resulta en parte de la reactivación de enzimas previamente almacenadas que se formaron durante el desarrollo de embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación.

Elongación de células y emergencia de la radícula: El primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, la cual resulta de la elongación de las células más bien que de división celular. En una semilla no durmiente, la emergencia de la radícula puede ocurrir en unas cuantas horas o en varios días después de la siembra y usualmente se considera que señala el fin de la etapa 1.

b. Etapa 2 (Digestión y translocación)

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos;

estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario. Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos enzimáticamente a ácidos grasos y al final en azúcares.

Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la planta en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar. Los patrones metabólicos que ocurren durante la germinación implican la activación de enzimas específicas en la secuencia apropiada y la regulación de su actividad. El control puede ser ejercido dentro de las células por varios procesos bioquímicos y pueden depender de la presencia de sustancias químicas u hormonas. Ahora la absorción de agua y la respiración continúan con una tasa constante. Los sistemas celulares existentes han sido activados y el sistema de síntesis de proteínas está funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores y ácidos nucleicos para realizar las funciones de la célula y sintetizar nuevos materiales.

c. Etapa 3 (Crecimiento de la plántula)

El desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separado del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular de los puntos de crecimiento es independiente de la iniciación de la elongación celular. Una vez que comienza el crecimiento en el eje embrionario, se incrementa el peso fresco y el peso seco de la plántula, pero disminuye el peso total de los tejidos de almacenamiento.

La tasa de respiración, medida por la absorción de oxígeno, aumenta constantemente con el progreso del crecimiento. Finalmente, los tejidos de almacenamiento de la semilla dejan de intervenir en las actividades

metabólicas, excepto en aquellas plantas en que los cotiledones salen a la superficie del suelo y se vuelven activos en la fotosíntesis. La absorción de agua aumenta en forma constante a medida que las nuevas raíces exploran el medio de germinación y el peso fresco de la plántula aumenta.

Ordoñez (2004), indica que, las semillas clasificadas como ortodoxas son aquellas que pueden ser deshidratadas a contenidos bajos de humedad y almacenadas a temperaturas bajo cero sin que ocurran daños fisiológicos (a un contenido de humedad de 5 a 7 %). Contrariamente, las semillas recalcitrantes deben ser almacenadas con alto contenido de humedad, con el propósito de que su viabilidad no disminuya rápidamente.

2.2.2. Factores que intervienen en la germinación

Trujillo (1996), menciona que, la germinación es una secuencia de eventos influenciada directamente por varios factores internos y externos que interactúan permanentemente.

- Dentro de los factores externos se encuentran principalmente la humedad, temperatura, luz, oxígeno y CO₂, sustrato (pH, nivel de salinidad, medio).
- Los internos que intervienen son los promotores e inhibidores de la germinación, la activación metabólica en general y la regulación genética particular.

La fisiología de la germinación aún no está totalmente determinada, aunque existen por lo menos tres teorías bioquímicamente fundamentadas. Sobre algunos de los factores y restricciones existentes es posible la aplicación de tratamientos pre-germinativos.

Hartman y Kester (1987), mencionan que, la iniciación de la germinación requiere que se lleve tres condiciones:

- Primero: La semilla debe ser viable, esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.
- Segundo: La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No debe existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas para la germinación.

- Tercero: La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas. Disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

Debido a las complejas interacciones entre el ambiente y condiciones específicas de letargo, dichas exigencias pueden cambiar con el tiempo y los métodos de manejo de las semillas también. Así, el segundo requisito, evitar el letargo, puede, a veces, satisfacerse proporcionando las condiciones ambientales apropiadas.

2.2.3. Factores que impiden la germinación de la semilla

Bidwell (1993), menciona que, el letargo seminal tiene una importancia crítica para la supervivencia de las plantas. Han evolucionado mecanismos que impiden a la semilla germinar inmediatamente después de caer al suelo, aunque las condiciones ambientales sean buenas, los mecanismos que causan el letargo en la semilla o lo prolongan impidiendo la germinación son los siguientes:

1. Factores ambientales o externos:
 - a. Exigencia de luz para la germinación.
 - b. Altas temperaturas.
 - c. Ausencia de agua.
2. Factores internos:
 - a. Testa de la semilla: impide el intercambio gaseoso.
 - b. Testa de la semilla: efectos mecánicos.
 - c. Inmadurez del embrión.
 - d. Baja concentración del etileno.
 - e. Presencia de inhibidores.
 - f. Ausencia de promotores de crecimiento.

2.2.4. Tratamientos pre-germinativos

Son tratamientos usados para romper la dormición o latencia de las semillas, disminuir el tiempo de germinación y homogeneizarlo buscando producir la mayor cantidad de plantas. Peretti (1994), sostiene que, las semillas de determinadas especies son

potencialmente viables, pero no germinan con rapidez al colocarlas en condiciones favorables, pues se encuentran en estado de dormición el cual desaparece naturalmente con el tiempo.

Para ello se puede aplicar algunos tratamientos (Peretti 1994):

- a. Tratamientos para romper la dormición fisiológica.
 - **Pre secado:** implica someter las semillas a una temperatura alta, pero no superior a los 35-40 °C, durante un periodo de 2 a 7 días, antes de ponerlas a germinar
 - **Aplicación de nitrato potásico:** En este tratamiento el sustrato se humedece hasta estar completamente saturado con una solución de nitrato de potasio KNO_3 al 0.2 % (2 g de KNO_3 , disueltos en un litro de agua) y luego se colocan en esta solución las semillas, a condiciones de germinación; de allí para mantener la humedad sólo se empleará agua.
 - **Aplicación de ácido giberélico:** Este tratamiento consiste en humedecer el sustrato con una solución de AG3 de 500 partes por millón (500 mg disueltos en un litro de agua) durante 5 minutos antes de colocar los granos bajo condiciones de germinación.
- b. Tratamiento para remover la dureza de las capas seminales.
 - **Escarificación mecánica:** Este tratamiento persigue lesionar la pared de la semilla por abrasión, corte, pinchando o perforando. Debe tenerse cuidado para no dañar el embrión, se recomienda para ello actuar en la región de la pared correspondiente al extremo de los cotiledones.

2.2.5. Descripción de la especie *Hieronyma alchorneoides* Allemão

A. Clasificación Taxonómica

Según Cronquist 1981 y AAG IV 2016 se clasifica de la siguiente manera:

Categorías taxonómicas	Sistema de clasificación de Artur Cronquist 1981	Sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APAG IV, 2016)
Reino	Plantae	Plantae

Division	Magnoliophyta	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida Cronquist, Takht, Zimmerm.	& Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Rosidae Takht.	Magnollidae Novák ex Takht.
Orden	Euphorbiales Lindl.	Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia	Euphorbiaceae Juss.	Phyllanthaceae Martinov
Genero	<i>Hyeronima</i> Allemão	<i>Hyeronima</i> Allemão
Especie	<i>Hyeronima archomeoides</i> Allemão	<i>Hyeronima archomeoides</i> Allemão

B. Nombre común

Conocido comúnmente en el ámbito local, en el distrito Chirinos, provincia San Ignacio, región Cajamarca como “negrito”, a nivel nacional se le conoce como negrito, chupica (Montero et al. 2007). Ascá, ascua, zapatero y pilón en Costa Rica; chacte – cook y garay (Bélice); nance, nancito (Nicaragua); palo curtido, palo rosa, (Guatemala); pilón, zapatero (Panamá); Kiahky dusa, curtidor, rosita (Honduras).

Sinónimos

Hieronyma caribaea Urban; *H. chocoensis* Cuatrec.; *H. ferruginer* Tull.; *H. herterotrichia* Pax & Hoffm.; *H. laxifloro* Mull. Arg.; *H. mattogrossensis* Pax & Hoffm.; *H. mollis* muell. Arg.; *H. ovatifolia* Lundell.; *Stilaginella amazonica* Tul.; *S. ferruginea* Tul.; *S. laxiflora* Tul. (Hartshon y Hammel 1982, Quesada y Jiménez 1993).

C. Descripción botánica

Porte: árbol que alcanza alturas de hasta 50 m, aunque lo más normal es 30-45 m, y diámetros de hasta 1.7 m.

Fuste: recto y cilíndrico y gambas bien desarrolladas, libre de ramas hasta una altura de 20 m o más.

Copa: amplia, densa, con múltiples ramas ascendentes. Las ramas inferiores tienen extremos terminales descendentes.

Corteza: la externa de color pardo rojizo o gris claro, con

desprendimiento en láminas delgadas que exponen la corteza interna de color rosado o rojizo.

Hojas: simples, alternas, muy grandes, pecioladas y estipuladas, con abundante pubescencia en ambos lados. Las hojas viejas se tornan rojizas-anaranjadas antes de caer y producen un exudado de color rojizo.

Flores: las flores masculinas y femeninas se producen en árboles diferentes; son pequeñas e inconspicuas, blancas a verde amarillentas, en panículas, de 5 cm de longitud.

Frutos: drupas elipsoides indehiscentes, de 3-5 mm de diámetro, que van cambiando de color verde a rojo y púrpura en la madurez, generalmente con una sola semilla viable (aunque pueden contener hasta seis), encerrada en una pulpa carnosa de sabor dulce.

Madera: El duramen es marrón rojizo y la albura es ligeramente más clara, con un tono rosado o anaranjado claro. Olor y sabor no característicos. El lustre es medio o bajo, textura fina. Las fibras tienden a rasgarse con el cepillado debido al grano entrecruzado en bandas anchas y angostas. Es una madera densa y pesada (0.59-0.86). Moderadamente resistente a la pudrición en contacto con el suelo, así como al ataque de termitas subterráneas y de madera seca. Sin embargo, es una de las maderas más resistentes a los taladradores marinos. No es buena para preservar bajo inmersión o presión. Algunos estudios indican que seca rápidamente al aire, mientras otros la clasifican como de secado lento, requiriendo 25 días para alcanzar menos del 20% de humedad en tabla de 1" de espesor. Suele presentar ligeras torceduras, colapsos y grietas en el secado. Se clasifica como moderadamente difícil de trabajar con maquinaria y herramienta manual. Presenta un excelente encolado si este se hace con cola blanca y la madera está bien seca.

D. Distribución de la especie

Ecología: Árbol emergente, abundante en bosques tropicales húmedos y muy húmedos, a altitudes de 0-900 m.s.n.m, con precipitaciones promedio anuales de 2000-5000 mm y temperaturas de 24-32 °C. Se presenta tanto en bosques primarios y secundarios

como a lo largo de ríos y quebradas, claros, áreas de pastoreo y bordes de bosque. Prefiere suelos con texturas franco arenosas a arcillosas, aunque soporta suelos ácidos y puede desarrollarse hasta en suelos mal drenados, con inundaciones periódicas, pedregosos y de baja fertilidad. Se le encuentra en terrenos planos hasta fuertemente ondulados, con pendientes menores de 60%.

Natural: Se distribuye desde el sur de México y Belice por la costa del Atlántico hasta Panamá, extendiéndose a las islas del Caribe, y en Suramérica desde Colombia hasta Brasil y Perú. Ha sido plantada en Costa Rica y en menor escala en Honduras.

E. Sitios óptimos para su crecimiento

La *Hieronyma alchorneoides* Allemão. crece bien en lomas, soporta suelos con pH ácidos y pobres, sitios anegados periódicamente, de textura arcillosa, además soporta suelos de baja fertilidad y tolera suelos pedregosos.

2.2.6. Definición de términos básicos

A. Germinación: Reanudamiento del crecimiento activo en un embrión que resulta en su emergencia de la semilla y desarrollo de las estructuras esenciales para el desarrollo de la planta (Bonner 2006).

La germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En condiciones de laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar (criterio fisiológico). Sin embargo, en condiciones de campo no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (criterio agronómico) (Pita y Pérez 2014).

B. Semilla: Es un óvulo maduro que tiene un embrión y tejido nutritivo y está envuelto en capas protectoras de tejidos (testa) (Bonner 2006).

Semilla es toda estructura botánica destinada a la propagación sexual o asexual de una especie y desempeña un papel primordial en la expansión de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas; en la renovación, permanencia de las poblaciones de plantas; en la regeneración de bosques y en la sucesión ecológica (Parees 2016).

C. Tratamiento Pre-germinativo: pueden consistir en la escarificación manual de la semilla, la inmersión en agua caliente o fría, en ácido sulfúrico, entre otros. Su finalidad es romper la latencia inducida por la testa al ablandar, perforar, rasgar o abrirla para hacerla permeable sin dañar el endospermo y el embrión. Algunos de ellos, aplicados en semillas de árboles aceleran y aumentan su germinación; sin embargo, no todos son eficientes para cualquier especie, por lo que se debe definir el indicado para cada una (Viveros et al. 2015).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

El trabajo de investigación se localizó en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, región Cajamarca y específicamente en uno de los túneles de germinación de semilla que forma parte de la infraestructura del vivero del Proyecto “Fortalecimiento para la forestación y reforestación con especies nativas y exóticas en la zona de Chirinos, distrito de Chirinos – San Ignacio – Cajamarca”.

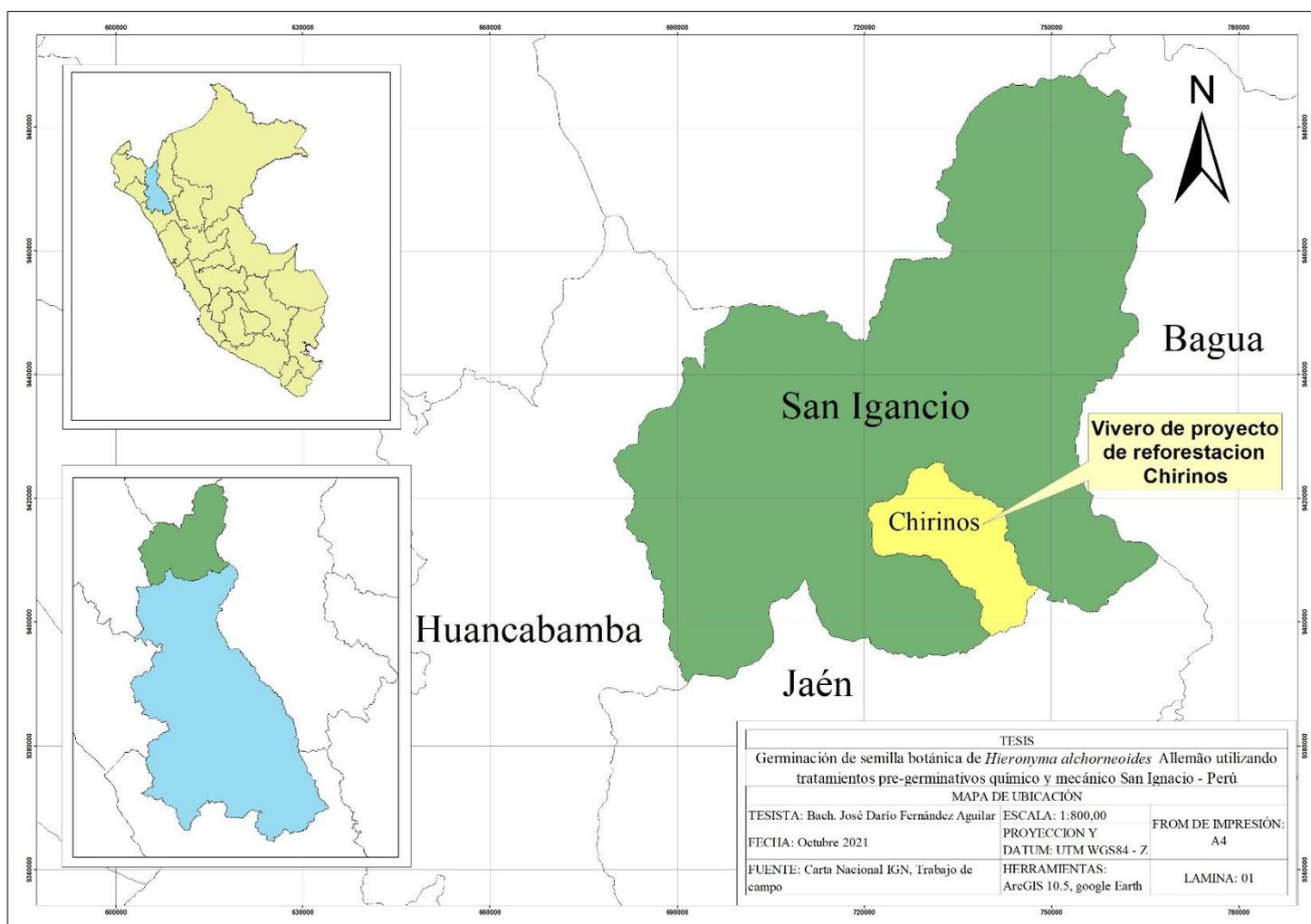


Figura 1 Mapa de ubicación

3.2. Materiales

- **Material biológico:** Semilla botánica de *Hieronyma alchorneoides* Allemão (foto 1 y 2, anexo 6)
- **Material de vidrio:** probeta, baguetas, fiolas de 10 ml, lupas, vaso de precipitación (200 ml y 250 ml) (foto 4, anexo 6)
- **Reactivos:** Ácido giberélico (AG₃), nitrato de potasio (KNO₃), (foto 5, anexo 6)
- **Equipos:** Termómetro, balanza electrónica, GPS, cámara fotográfica.
- **Material de escritorio:** Computadora, libreta de apuntes, papel A4, lapiceros, lápiz, plumones indelebles, fichas de evaluación, regla de 30 cm, tarjetas de registros.
- **Otros:** Lijas, palana, madera aserrada, wincha 3 m, rastrillo, pinzas, espátula, arena fina de río.

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo de campo

a) Calidad de semilla

Para analizar la calidad de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, se tomó como muestra representativa 500 g de semilla y se evaluó lo siguiente: Germinación (viabilidad), pureza, vigor, y sanidad (foto 3, anexo 6)

b) Análisis de la viabilidad

* Prueba estándar de germinación

Se puso a germinar en las camas almacigueras del Centro experimental o Área Técnica Forestal y Agropecuaria (ATEFA) de la Municipalidad Distrital de Chirinos, en la provincia de San Ignacio, recibiendo las condiciones ambientales requeridas (foto 7, anexo 6).

Para esto la cama almaciguera se preparó de las siguientes medidas 1.2 m x 0.25 m x 4 m; de ancho, espesor y largo respectivamente; como sustrato se utilizó arena fina de río el cual se desinfectó con agua hirviendo a una temperatura. luego se puso a germinar las

semillas cubriéndola con una pequeña capa de arena, la cama almaciguera se protegió con plástico de polietileno para controlar temperatura, humedad y luz y evitar el desarrollo de microorganismos, todo el material y equipo se conservará escrupulosamente limpio, esterilizado cuando sea posible y con la cantidad de agua cuidadosamente regulada.

Para evitar el secado, la humedad en el germinador se mantuvo en un 90 %. Se evaluó en dos momentos, la primera semana se hizo una “primera cuenta” y las semillas germinadas se descartaron para hacer después una cuenta formal. Al final de la prueba las semillas se dividieron en (a) plántulas normales, (b) plántulas anormales más semillas muertas o en putrefacción.

c) Análisis de pureza

Se analizó la pureza física, para esto se determinó tres componentes: semillas puras, otras semillas y materia inerte.

Para la separación de la semilla pura se hizo en forma visual.

En seguida se procedió el pesaje de la materia inerte y las semillas de otros cultivos, anotándose los resultados en la tarjeta de trabajo en laboratorio. El peso de la fracción pura, se determinó por diferencia de peso, esto es, peso inicial menos el peso de la materia inerte y semillas de otros cultivos, o por el pesaje directo.

El cálculo y expresión de los resultados

Para el cálculo de los porcentajes se utilizó las fórmulas:

$$\% \text{ de semillas puras: } X = \frac{P_p \times 100}{P_t}$$

Dónde:

P_p = es el peso de las semillas puras

P_t = es el peso total de la muestra

$$\% \text{ de semillas de otros cultivos } Y = \frac{P_{oc} \times 100}{P_t}$$

Dónde:

Poc = es el peso de las semillas de otros cultivos

Pt = es el peso total de la muestra

$$\% \text{ de materia inerte } Z = \frac{P_{mi} \times 100}{P_t}$$

Dónde:

Pmi = es el peso de la materia inerte

Pt = es el peso total de la muestra

d) Escarificación de semillas.

Para la aplicación de los tratamientos se usó semillas de calidad de la especie *Hieronyma alchorneoides* Allemão, estas semillas fueron sometidas a un proceso de escarificación para lo cual se usó lija N° 100, adecuadas en dos piezas de triplay de 10 cm x15 cm con las cuales se friccionaron para escarificar un poco la testa de la semilla (foto 8, anexo 6)

e) Tratamientos en estudio

T1: Escarificación más ácido giberélico (AG₃) a 500 ppm.

T2: Escarificación más ácido giberélico (AG₃) a 1000 ppm.

T3: Escarificación más nitrato de potasio (KNO₃) a 500 ppm.

T4: Escarificación más nitrato de potasio (KNO₃) a 1000 ppm.

T5: Escarificación más remojo en agua por 12 horas

T6: Testigo (Sin Escarificación)

f) Aplicación del ácido giberélico

T1: Ácido giberélico (AG₃) a 500 ppm.

T2: Ácido giberélico (AG₃) a 1000 ppm.

Las semillas escarificadas se sumergieron en solución de ácido giberélico el T1 a una concentración de 500 ppm y el T2 a una concentración de 1000 ppm ambas por un periodo de 15 minutos a

temperatura ambiente, luego se sembraron adecuadamente en tres repeticiones cada una en la cama almaciguera, donde se evaluó su germinación.

g) Aplicación de Nitrato de Potasio

T3: Nitrato de potasio (KNO_3) a 500 ppm.

T4: Nitrato de potasio (KNO_3) a 1000 ppm.

Las semillas escarificadas se sumergieron en la solución de Nitrato de potasio el T3 a una concentración de 500ppm y el T4 a una concentración de 1000ppm ambas por un periodo de 15 minutos a temperatura ambiente, luego se sembraron adecuadamente en tres repeticiones cada una en la cama almaciguera, donde se evaluó su germinación.

h) Escarificación más hidratación

T5: hidratación 12 horas: las semillas escarificadas se remojaron en agua a temperatura ambiente por 12 horas, luego se sembraron adecuadamente en tres repeticiones cada una, en la cama almaciguera donde se evaluó su germinación.

i) Testigo

Las semillas que se ensayaron como testigo, no recibieron ningún tratamiento

3.3.2. Unidad de análisis, universo y muestra

Universo: lo constituyen todas las semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, existentes y disponibles para propagarse.

Muestra: está constituida por 1800 semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, separadas en grupos de 100 semillas por repetición de los tratamientos.

Unidad de análisis: lo constituye cada semilla germinada de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, la misma que se evaluó posteriormente.

3.3.3. Distribución de los tratamientos

A. Diseño experimental

La investigación está basada en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), este tipo de diseño implica que en cada bloque hay observación de cada tratamiento. El nombre de bloques completos al azar se aplica a este diseño experimental, porque todos los tratamientos aparecen representados en cada uno de los bloques del experimento. Además, el orden en que se ubican los tratamientos dentro de cada bloque es aleatorio; es decir, se estudia la influencia de cada factor por separado, como si se tratase de un diseño con una sola variable independiente, lo cual, permite obtener información sobre el efecto cruzado de las variables independientes (foto 6, anexo 6)

Repeticiones	Tratamientos					
	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A1B6
A2	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5	A2B6
A3	A3B1	A3B2	A3B3	A3B4	A3B5	A3B6

Donde:

A: repeticiones, tres por tratamiento

B: tratamientos, cinco más testigo

- B1: T1: Ácido giberélico (AG₃) a 500 ppm.
- B2: T2: Ácido giberélico (AG₃) a 1000 ppm.
- B3: T3: Nitrato de potasio (KNO₃) a 500 ppm.
- B4: T4: Nitrato de potasio (KNO₃) a 1000 ppm.
- B5: T5: hidratación 12 horas
- B6: T6: testigo

3.3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Ficha de evaluación de la germinación diaria por tratamiento de las semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão. por tratamiento.

N° Días	Tratamiento					
	R1	R2	R3	% Germinación diaria.	% Acumulado.	% g.d.pa.
1						
2						
3						
.						
.						
74						
75						
TOTAL						

R = Repetición o bloque

3.3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

Los resultados se analizaron utilizando el Sistema de análisis estadístico – InfoStat.

3.3.6. Cama almaciguera

En los ensayos de germinación en las camas almacigueras se utilizó como sustrato arena fina de río previamente desinfectada, en las cuales se distribuyó la semilla por tres repeticiones, de las siguientes dimensiones: ancho 1.20 m, largo 6 m, alto 0.25 m.

3.3.7. Disposición de tratamientos en vivero

Tabla 1. Distribución de los tratamientos en cama almaciguera, en un DBCR

R1		R2		R3	
T2	T4	Testigo	T5	T3	T1
T5	T1	T4	T3	T2	Testigo
T3	Testigo	T1	T2	T4	T5

R: Repetición

T: Tratamiento

3.3.8. Evaluaciones y registros

Se registró la ausencia de semillas germinadas, se consideró como semilla germinada, cuando la radícula se muestra visible, la evaluación se realizó diariamente desde el día en que empezaron a germinar, evaluándose por un lapso de 75 días (foto 9, anexo 6).

3.3.9. Trabajo en gabinete

A. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación fueron tabulados y procesados para obtener resultados de calidad, pureza y viabilidad de semillas en una hoja de cálculo de Excel 2010.

B. Análisis e interpretación de datos

Se utilizó un análisis estadístico básico con utilización del software InfoStat y/o Excel, analizando los parámetros estadísticos como la media, la mediana, la desviación estándar, análisis de varianza (ANVA), prueba de Duncan y coeficiente de variación. Se construyeron figuras en función a las variables evaluadas, comparando los datos obtenidos en cada prueba aplicada en este estudio.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

4.1.1. Pureza de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

Tabla 2. Pureza de las semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão (%)

Nº muestra	% Pureza	% Otras semillas	% Materia inerte
1	93.86	5.25	0.89
2	85.38	12.5	2.13
3	81.57	15.75	2.68
4	90.25	8.33	1.42
5	91.53	7.24	1.23
6	82.99	14.54	2.47
7	84.21	13.5	2.30
8	88.56	9.78	1.66
9	92.56	6.36	1.08
10	94.77	4.47	0.76
Promedio	88.57	9.77	1.66

Como se aprecia en la Tabla 2, las semillas recolectadas de la especie en estudio, tiene un alto porcentaje de pureza, considerando que se trata de una fuente natural. Dentro del rubro otras semillas se incluyen aquellas semillas de la propia especie pero que no han logrado desarrollarse o tiene múltiples defectos que la descartan. Este resultado indicaría que la semilla puede ser comercializada sin tratamientos exigentes de selección de calidad por pureza.

Sin embargo, este porcentaje alcanzado es inferior al que señala Muñoz (2018), quien determinó un porcentaje de pureza de 96.45 %, demostrando que existen especies que presentan mayores valores de porcentajes de pureza que *Hieronyma alchorneoides* Allemão.

Así mismo, Quispe (2014), demuestra dentro de sus análisis físicos un valor de 91.2 % de pureza en la germinación de *Prosopis pallida* Kuntze

No obstante, Quiroz (2019), reporta como resultados del análisis físico *Hieronyma asperifolia* Allemão, un porcentaje de pureza del

42 %, demostrando inferioridad al obtenido en la presente investigación.

En semillas de especies nativas del altiplano, Condori y Martínez (2020), publica porcentajes de pureza de 77 % a 93 %, utilizando tratamientos físicos y químicos, tales como escarificación y el uso de ácido giberélico.

Un caso particular sucede con lo que reporta Bravo (2014), al demostrar un porcentaje de pureza del 0 % para *Terminalia amazonia*, cuando realizó ensayos de germinación aplicando cinco tratamientos pregerminativos.

4.1.2. Poder germinativo de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

Para determinar el poder germinativo, se realizó el ensayo usando semillas seleccionadas luego del análisis de pureza, sin aplicar ningún tratamiento y que servirá como línea de base para los otros resultados.

Tabla 3. Poder germinativo de las semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

N° muestra	Total semillas	Semillas germinadas	Poder germinativo (%)
1	100	38	38,00
2	100	36	36,00
3	100	41	41,00
4	100	42	42,00
5	100	41	41,00
6	100	39	39,00
7	100	39	39,00
8	100	38	38,00
9	100	37	37,00
10	100	46	46,00
Promedio	100	39,70	39,70

$$CV = 7.32 \%$$

Como se muestra en la tabla 3, *Hieronyma alchorneoides* Allemão tiene un poder germinativo de medio a bajo, es decir, por debajo del 5% de las semillas puestas a germinar, esto justifica la búsqueda de

tratamientos para incrementar el poder germinativo y así obtener más plántulas producidas por cantidad de semillas puestas a germinar en los viveros.

Quiroz (2019), aplicó cuatro tratamientos para asegurar la germinación de las semillas de *Hieronyma asperifolia* Pax & K. Hoffm, obteniendo resultados favorables; sin embargo, las semillas del testigo (sin tratamiento pre germinativo), no germinaron, lo que confirma la escasa regeneración natural que se declara de esta especie.

Ahumada (2017), señala que, encontró que, solamente el 9.33 % de semillas germinadas a través de siembra directa sin ningún tratamiento, pero 55.33 % de germinación al utilizar tratamientos pregerminativos, lo que evidencia la necesidad de aplicación de técnicas que incrementen su propagación cuando el porcentaje de su regeneración natural es baja.

Condori y Martínez (2020), mencionan haber obtenido 53, 64 y 56 %, de valores promedios de germinación sin aplicación de ningún tratamiento en semillas de especies nativas del altiplano, y que si bien es cierto son superiores a los de encontrados en *Hieronyma alchorneoides* Allemão, pero resultan ser inferiores a los porcentajes de 78, 88 y 61 % obtenidos con tratamientos pregerminativos aplicados en las mismas especies.

4.1.3. Calidad germinativa de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

Del ensayo anterior se tuvieron los siguientes datos de la calidad germinativa

Tabla 4. Calidad germinativa de las semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

N°	Propiedad germinativa	Unidad de medida	Promedio de los tratamientos
1	Inicio de la germinación	Días	41
2	Periodo de germinación	Días	22
3	Energía germinativa 1/3	Porcentaje	24

4	Energía germinativa 2/3	Porcentaje	45
5	Energía germinativa 3/3	Porcentaje	31

Como se observa en la Tabla 4, la calidad germinativa de la especie en estudio se caracteriza por un periodo largo para el inicio de la germinación, aproximadamente un mes y medio; sin embargo, la germinación de todas las semillas se lleva a cabo en solamente 22 días en su totalidad. Esta germinación tiene una energía germinativa concentrada en el segundo tercio (2/3) del tiempo de germinación, lo que puede afectar en la dispersión de crecimiento de las plántulas recién germinadas. Los resultados son promedio de todos los tratamientos ensayados, y no difieren a los del testigo.

Quiroz (2019), obtuvo períodos de germinación entre 72 a 78 días, para *Hieronyma asperifolia*, y manifiesta que todos los tratamientos que llevaron ácido giberélico (AG3) presentan una calificación buena de energía germinativa, lo cual no sucede con el testigo, que presentan una mala calidad de energía germinativa; además, agrega que, a mayor concentración de ácido giberélico también aumenta el porcentaje de la energía germinativa.

Por otro lado, CATIE (2018), sugiere que, para lograr la uniformidad en la germinación de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, se debe lavar los frutos en agua con jabón, y luego dejarlos 24 horas en agua. Además, recomienda el uso de sustrato arenoso o tierra bien suelta, para luego sembrar superficialmente los frutos cubriéndolos con el sustrato.

Entre otros estudios, Pérez (2020), propone el estudio de inducción de la embriogénesis somática indirecta en *Hieronyma alchorneoides* Allemão a partir de callos derivados de hojas primer reporte de inducción de embriogénesis somática en una especie de la familia *Phyllanthaceae* usando picloram y tidiazuron. La metodología descrita se proyecta como una base para la optimización de la propagación clonal masiva, la manipulación genética y el almacenamiento a largo plazo de la especie.

4.2. Germinación de semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão según tratamientos pre-germinativos

Tabla 5. Resultados de germinación de los tratamientos pre-germinativos de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

N°	Tratamientos		Repeticiones			Germinación promedio
	Código	Descripción	R1	R2	R3	
1	T1	Escarificación más ácido giberélico a 500 ppm	39	38	42	39,67
2	T2	Escarificación más ácido giberélico a 1000 ppm	48	50	52	50,00
3	T3	Escarificación más nitrato de potasio a 500 ppm	41	39	44	41,33
4	T4	Escarificación más nitrato de potasio a 1000 ppm	64	59	63	62,00
5	T5	Escarificación más hidratación por 12 horas	35	40	43	39,33
6	T6	Testigo	38	41	37	38,67
PROMEDIO			44,17	44,50	46,83	

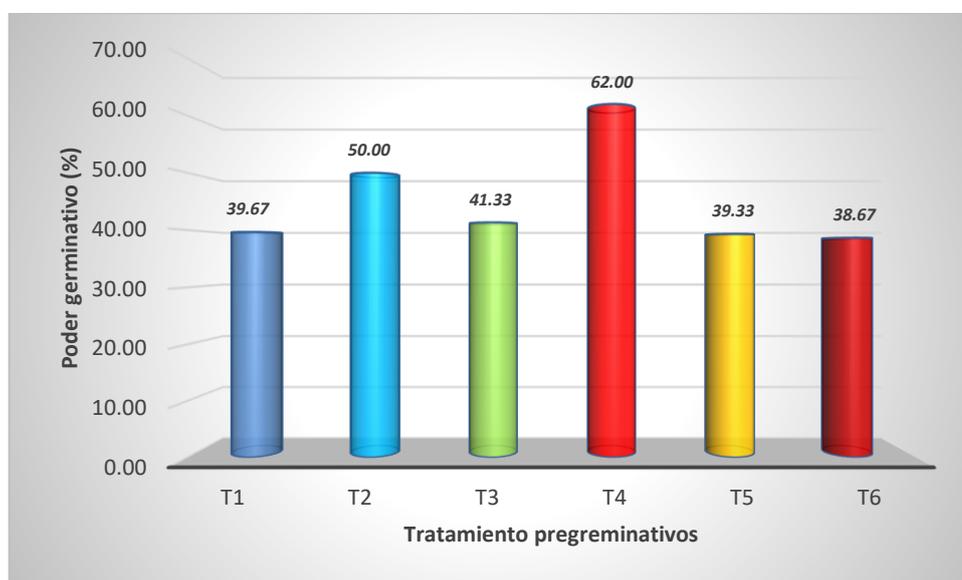


Figura 2. Germinación de las semillas por tratamiento.

Como se aprecia en la Tabla 5 y Figura 1, los tratamientos pre-germinativos aplicados a las semillas logrado mejorar el poder germinativo; donde los tratamientos T4, se aplicó escarificación más nitrato de potasio a 1000 ppm,

y T2 se aplicó escarificación más ácido giberélico a 1000 ppm alcanzaron los valores más altos de germinación con 62 % y 50 % respectivamente.

Quiroz (2019), coincide con los datos de la presente investigación, debido a que señala a la Escarificación mecánica de *Hieronyma asperifolia* Allemão. y aplicación del ácido giberélico (AG3) como el tratamiento que registra el mayor porcentaje de energía germinativa, sin embargo, el porcentaje de germinación que determina es 87.33 %, superándonos por 37.33 % de diferencia.

Comparativamente, Ahumada, (2017), corrobora, al probar 5 tratamientos buscando el efecto del ácido giberélico (AG3) de 500, 1000 y 2000 ppm, en la germinación de semillas, concluyendo que el mejor tratamiento fue el T4 = Inmersión en una concentración de 2000 ppm AG3 por 1 hora, obteniéndose un 55.33 % de semillas germinadas.

Tabla 6. Análisis de variancia (ANVA) para la variable porcentaje (%) de germinación de semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	1283,833	5	256,767	43,28	0,00000187	3,33
Repeticiones	25,333	2	12,667	2,13	0,169	4,10
Error	59,333	10	5,933			
Total	1368,5	17				

$\alpha = 0.05$

C.V. = 5.39 %

En la Tabla 6, se muestra que, no existe significación estadística para las repeticiones o bloques, lo que nos indica que hubo homogeneidad entre las unidades experimentales en estudio y si existe alta significación estadística para los tratamientos pre-germinativos en estudio, puesto que la F calculada supera a la F tabular a niveles muy altos (0.00000187) de probabilidades, lo cual indica que las medias de los tratamientos difieren uno del otro, en cuanto al coeficiente de variabilidad del 5.39 % nos indica el grado de confiabilidad del experimento, que se ha conducido eficientemente.

Para confirmar esta alta significación estadística para los tratamientos pre-germinativos, se realizó la prueba de Duncan al 5 % de probabilidades.

Tabla 7. Prueba de significación de Duncan al 5 % de probabilidades para los promedios de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Medias	Nº	E.E.	
T4	62.00	3	1.41	A
T2	50.00	3	1.41	B
T3	41.33	3	1.41	C
T1	39.67	3	1.41	C
T5	39.33	3	1.41	C
T6	38.67	3	1.41	C

Test: Duncan Alfa=0.05 Error: 5.9333 gl: 10

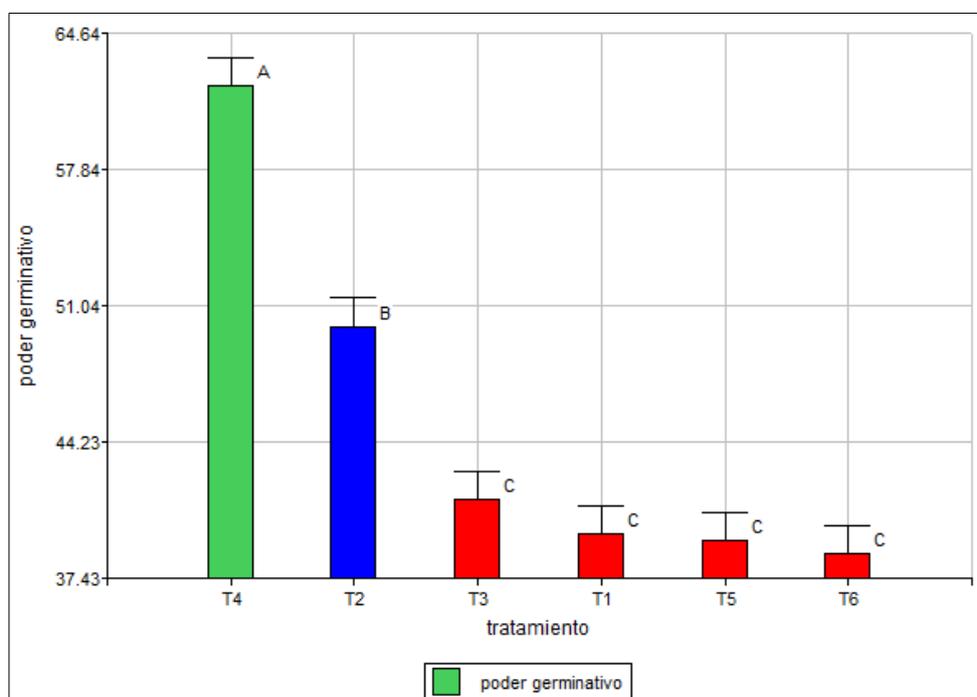


Figura 3. Jerarquización de tratamientos según Duncan para el porcentaje de germinación de los tratamientos pre-germinativos ensayados

En la Tabla 7 y Figura 2, al realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, se observó que el tratamiento T4 y T2 son los que ocupan el primer y segundo orden de jerarquía, al haber alcanzado el mayor porcentaje de germinación o poder germinativo de las semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão con 62 % y 50 % respectivamente. Los demás tratamientos como son el T3, T1, T5 y T6 o testigo, son inferiores en su resultado, siendo estadísticamente similares.

Esta prueba de rango múltiple (Duncan), nos muestra que a medida que se incrementa la concentración de Ácido giberélico (AG₃) y del Nitrato de potasio (KNO₃), de 500 a 1000 ppm, aumenta el porcentaje de semillas germinadas, es decir estos tratamientos pre-germinativos químicos a estas concentraciones tienen efecto positivo en la germinación de las semillas de *Hieronyma alchorneoides* Allemão. Puede afirmarse que tanto el regulador de crecimiento ácido giberélico como el nitrato de potasio, favorecen la germinación, ya sea estimulando al embrión como es el caso de la fitohormona o escarificando la semilla como es el caso del nitrato de potasio.

Resultados similares son los que reporta Quiroz (2019), quien afirma que, desde el punto de vista estadístico, para tener una buena germinación de semillas de *Hieronyma asperifolia*, se puede utilizar ácido giberélico en la concentración que va desde 1000 a 4000 ppm, con 54.44 % a 72.82 % de semillas germinadas respectivamente, debido a que la fitohormona del ácido giberélico estimula a las células de las semillas germinantes a producir moléculas de ARN mensajero (ARNm) que codifican las enzimas hidrolíticas facilitando la germinación.

Bulnes (2017), utilizó la misma concentración de estimulante de ácido giberélico y nitrato de potasio (500 mg), sin embargo, alcanzó 80 % como mayor porcentaje de germinación a través del ácido giberélico, comparado con 62.5 % que se obtuvo de las semillas tratadas con nitrato de potasio; por lo que, afirma que, si bien el ácido giberélico y los compuestos nitrogenados figuran entre las sustancias que pueden ser aplicadas a las semillas en tratamientos pregerminativos para romper la latencia, se debe señalar que la dosis a aplicar en determinadas especies es distinta, incluso dentro de la misma especie, y que otros autores han reportado el efecto nulo así como positivo de estos tratamientos respecto a la inducción de la germinación y el rompimiento de la latencia de semillas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La calidad de la semilla de *Hieronyma alchorneoides* Allemão, tienen una pureza y poder germinativo de 88.57 %, 39.7 % respectivamente, alcanzando una calidad germinativa que inicia a los 41 días, durante un periodo de 22 días en promedio; por lo que se determina su mayor energía germinativa en el segundo tercio del periodo de germinación con un 45.39 %.

De acuerdo a la calidad obtenida en *Hieronyma alchorneoides* Allemão, presenta semillas de aceptable pureza; sin embargo, su poder germinativo es relativamente bajo al igual que la energía germinativa; de tal manera, es necesario la aplicación de tratamientos germinativos adecuados.

El tratamiento pregerminativo escarificación más nitrato de potasio (KNO_3) a 1000 ppm (T4), fue el que produjo el mayor porcentaje de germinación o poder germinativo con 62 % en semillas de la especie *Hieronyma alchorneoides* Allemão logrando un incremento de la germinación en un 60 % con respecto al testigo.

5.2. Recomendaciones

Para favorecer el poder germinativo de las semillas de la especie *Hieronyma alchorneoides* Allemão, aplicar una escarificación más nitrato de potasio (KNO_3) a 1000 ppm como tratamiento pregerminativo.

Ensayar otros tratamientos pre-germinativos para incrementar aún más el poder germinativo de la especie *Hieronyma alchorneoides* Allemão, para mejorar la propagación botánica de la especie y optimizar su uso en programas de reforestación.

Investigar otras metodologías de propagación como la propagación asexual por estacas o esquejes, así como la micropropagación para ofrecer alternativas de propagación a futuros proyectos de reforestación interesados en esta especie.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahumada. 2017. Propagación sexual de *Tectona grandis* L.F. usando concentraciones de ácido giberélico (en línea). Tesis Ing. Forestal. Cajamarca, Perú, UNC. 77 p. Consultado 18 oct. 2019. Disponible en https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1716/T016_43683046_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Bidwell, S. 1993. Fisiología Vegetal. 2° Ed. en español. Edit. A.G.T. Editor, S.A. México, D.F. 784 p.

Bonner, F. 2006. Glosario de términos sobre germinación de semillas para personal que trabaja en semillas forestales (en línea). Australia. Consultado 01 oct. 2019. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0025S/A0025S06.pdf>

Bulnes, G. 2017. Efecto de dosis de ácido giberélico y nitrato de potasio en la germinación de té (*Camellia sinensis* L. Kuntze) en Leoncio Prado (en línea). Tesis Ing. Forestal. Tingo María, Perú, UNAS. 89 p. Consultado 24 set. 2019. Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1669>

Burger, W. 1995. Flora costaricensis: Euphorbiaceae. Fieldiana, Field Museum of Natural History. Chicago, USA.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas, Costa Rica). 2018. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. In: Salazar R., F. (coord.téc.), C. Soihet y M. J. Méndez (comps. técs.). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Sanidad Forest Seed Centre. Nota Técnica N°. 25. Turrialba, Costa Rica. p. 49-50.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas, Costa Rica). 2007. *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell (en línea). Turrialba, Costa Rica. 29 p. Consultado 25 set. 2019. Disponible en http://herbaria.plants.ox.ac.uk/ldc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/terminalialucida.pdf

Condori Tarqui, Ariel, & Martínez Flores, Zenón. 2020. Tratamientos físicos y químicos en la germinación de semillas de especies nativas del Altiplano (en línea). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 46-57. Consultado 14 may. 2021. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000200007&lng=es&tlng=es

Flores, A. 2001. Establecimiento de las etapas iniciales de la micropropagación de Caoba (*Swietenia macrophylla* King) a partir de microestacas tomadas de plantas de invernadero (en línea). Tesis Mag. Scientiae. Turrialba, Costa Rica. Consultado 24 set. 2019. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/9731?show=full>

Harstshon, M y Hammel, S. 1982. Latencia y Germinación de Semillas. Tratamientos Pregerminativos. Tercera edición. Editorial Varela, S. A. Bariloche, Argentina.

Hartman, T; Kester, E. 1987. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. 1º Edición. Edit. Continental S.A de C.V. México. 176 p.

Jara, G. 1994. Plant Propagation by Tissue Culture. Vol. 1. 3 ed. Springer. pp. 2-3.

Jiménez, E; Garcías, L; Carranza, M; Carranza, H; Morante, J; Martínez, M; Cuásquer, J. 2017. Germinación y crecimiento de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. en Ecuador (en línea). *Scientia Agropecuaria*. Vol. 8. N° 3. Trujillo. 2017. Consultado 27 de oct. 2019. ISSN 2077-9917. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n3/a07v8n3.pdf>

Montero, M; De los Santos, P; Markku, K. 2007. *Hieronyma alchorneoides*: ecología y silvicultura en Costa Rica (en línea). Serie Técnica. Informe Técnico N° 354. 50 p. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Consultado 23 jul. 2021. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/A4560e/A4560e.pdf>

Muñoz, I. 2018. Evaluación del efecto de dos tratamientos pre germinativos en tres tipos de sustratos en la germinación de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el Centro Experimental de Cota Cota (en línea). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Consultado 25 set. 2019. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/20021>

Ordoñez, L; Arbeláez, M; Prado, L. 2004. Manejo de Semillas Forestales Nativas de la Sierra del Ecuador y norte del Perú. Edit. ECOPAR, FOSEFOR. 153 p.

Parees, C. 2016. La semilla (en línea). Boletín técnico. Consultado 24 set. 2019. Disponible en <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/semillas%20pdf.pdf>

Peretti, A. 1994. Manual de Análisis de semillas. 1era ed. Argentina.

Pérez, 2020. Desarrollo de un protocolo para la multiplicación masiva de *Hieronyma alchorneoides* Allemão por medio de embriogénesis somática (en línea). Tesis Mag. Scientiae. Cartago, Costa Rica, TEC. 59 p. Consultado 24 nov. 2019. Disponible en <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12283>

Pita, J. y Pérez, F. 2014. Germinación de semillas (en línea). Revista Número 2090 HD. Madrid, España. Consultado 22 nov. 2019. Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf

Quezada, A y Jiménez, M. 1993. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Volumen 1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba; Costa Rica. 91 p.

Quiroz, 2019. Efecto del ácido giberélico en la germinación de semilla de *Hieronyma asperifolia* Pax & K. Hoffm. (Chupica) (en línea). Tesis Ing. Forestal. Cajamarca, Perú, UNC. 69 p. Consultado 26 nov. 2019. Disponible en <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2854>

Quispe, J. 2014. Análisis de germinación de la semilla botánica de algarrobo (*Prosopis pallida* Kunth) utilizando cinco tratamientos pre germinativos. (en línea). Tesis Ing. Forestal. Cajamarca, Perú. Consultado 24 set. 2019. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/394>

Rodríguez, J.L.; Valdés, Y.; Rodríguez, R. 2012. Tratamientos a semillas para mejorar la germinación de *Colubrina ferruginosa* Brong (en línea). Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente 18: 27-31. Consultado 26 may. 2021. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v18n1/v18n1a3.pdf>

Sánchez-Arellano, J.G.; Parra-Galindo, M.A.; Silvas Olivas, M.F.; Pedroza-Pérez, Y.D. 2011. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la viabilidad en semillas de zámota (*Coursetia glandulosa* Gray) (en línea). *Biotecnia* 13 (3): 36-40. Consultado 26 may. 2021. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/biotecnia/articulo/efecto-de-la-temperatura-y-tiempo-de-almacenamiento-sobre-la-viabilidad-en-semillas-de-zamota-coursetia-glandulosa-gray>

Sánchez-Arellano, J.G.; Parra-Galindo, M.A.; Silvas Olivas, M.F.; Pedroza-Pérez, Y.D. 2011. Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la viabilidad en semillas de zámota (*Coursetia glandulosa* Gray) (en línea). *Biotecnia* 13 (3): 36-40. Consultado 26 may. 2021. Disponible en <https://biblat.unam.mx/es/revista/biotecnia/articulo/efecto-de-la-temperatura-y-tiempo-de-almacenamiento-sobre-la-viabilidad-en-semillas-de-zamota-coursetia-glandulosa>-Sotolongo, R.; López, G.; Cobas, M. 2008. Fomento Forestal. Cuba. Universidad de Pinar del Río, Cuba.

Theodore, W; Helms, J; Backer, F. 1982. Principios de Silvicultura. 2 Edic. Edit. MCGRAW-HILL Latinoamericana. México. 492 p.

Trujillo, E. 1996. En el Curso Nacional “Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales”. Campus de Adefor (8 – 10 oct. 1996). ADEFOR, RASEFOR, INTERCORPORATION, CONIF/INSEFOR. Cajamarca – Perú. 76 p.

Vázquez, Y; Yanes, L; Alonso, J. 1997. Semillas. 1 edic. Edit. Fondo de Cultura Económica S.R. México, DF. 250 p.

Viveros, H; Hernández, J; Velasco, M. Robles, R; Ruiz, C; Aparicio, A; Martínez M; Hernández, J; Hernández, L. 2015. Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial (en línea). *Rev. Mexicana de Ciencias Forestales*. Vol. 6. N° 30. Consultado 26 nov. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n30/v6n30a5.pdf>

CAPÍTULO VII

ANEXO

Anexo 1. Porcentaje de germinación y calidad germinativa de semillas de

Hieronyma alchorneoides Allemão.

N°	TRATAMIENTOS		REPETICIONES			TOTAL	PROMEDIO
	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	I	II	III		
1	T1	Escarificación más ácido giberélico a 500 ppm.	39	38	42	119	39,67
2	T2	Escarificación más ácido giberélico a 1000 ppm.	48	50	52	150	50,00
3	T3	Escarificación más nitrato de potasio a 500 ppm.	41	39	44	124	41,33
4	T4	Escarificación más nitrato de potasio a 1000 ppm.	64	59	63	186	62,00
5	T5	Escarificación más remojo en agua por 12 horas	35	40	43	118	39,33
6	T6	Testigo.	38	41	37	116	38,67
PROMEDIO			44,17	44,50	46,83	135,50	

N°	PROPIEDAD GERMINATIVA	TRATAMIENTOS					PROMEDIO	
		TESTIGO	T1	T2	T3	T4		T5
1	Inicio de la germinación en días	42	43	40	42	37	42	41,00
2	Periodo de germinación en días	24	22	22	22	20	24	22,33
3	Energía germinativa 1/3 en %	17,25	29,42	26,67	21,79	32,27	15,26	23,78
4	Energía germinativa 2/3 en %	43,96	42,85	38,67	59,67	45,69	41,52	45,39
5	Energía germinativa 3/3 en %	38,79	27,73	34,67	18,54	22,04	43,22	30,83

Anexo 2. Resultados del proceso de germinación en número de semillas germinadas por día para todos los tratamientos en estudio

Número de semillas germinadas

Dia	Fecha	T1			T2			T3			T4			T5			Testigo		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3												
1	21/11/2014																		
.	...																		
.	...																		
37	27/12/2014																		
38	28/12/2014										1	1	1						
39	29/12/2014										1	4	2						
40	30/12/2014						1				3	2	2						
41	31/12/2014					1	1				5	6	4						
42	01/01/2015				2	3	1	1		2		1	5		1				1
43	02/01/2015	2		1	1	3	4			1	2	5	4	1		1			
44	03/01/2015	1	2		2			1			8		3	1	2	1		1	2
45	04/01/2015		1	3		2	3		1	1	4	5	7		1				1
46	05/01/2015	2	1		3			1	1	2		1	5	1		2	1	2	
47	06/01/2015			1	3	6	4		2	1	3	8	4					1	2
48	07/01/2015	2	2	3		3		3			3		6	1	1	1	3		
49	08/01/2015	5		4	3		2	1	6	3	6	3				4	1	3	2
50	09/01/2015	1	3	1	1	6	5	3	3	8	4	7	4	3	2		2	1	3
51	10/01/2015		1	4	5	2	1	2		3	7	4	4			3		4	1
52	11/01/2015	2				4	6	6	1	6	6	5	3	3	3		5		6
53	12/01/2015	1	5	2	4		5	2	4	5		3	5		2	5		4	
54	13/01/2015	4	1	6	4	3	4	7	5	3	5	3		3	2	1	6	1	3
55	14/01/2015	3	4	3	4	3		5	5	2	2		1	1		6	1	8	2
56	15/01/2015		2		6	4	3		3	1	3	1	2		4		2		
57	16/01/2015	2	5	6		5	4	1	2		1		1	6	2	3		1	1
58	17/01/2015	7		3	4	3	4	4	1	3				1		5	5	1	
59	18/01/2015	2	6	1	2	1	2	1	3	1				2	6	2		3	3
60	19/01/2015	3	1	2	3	1	2	2		1				3	4	4	7	2	2
61	20/01/2015	1	2	1	1			1	1					2			1	5	1
62	21/01/2015		1							1					1	1		1	4
63	22/01/2015	1		1					1					1	2	3	3		1
64	23/01/2015		1											1	6	1		2	1
65	24/01/2015													5	1		1	1	1
66	25/01/2015																		
67	26/01/2015																		
Total		39	38	42	48	50	52	41	39	44	64	59	63	35	40	43	38	41	37

Anexo 3. Determinación de la pureza de las semillas

N° Muestra	Peso total muestra (g)	Peso otras semillas (g)	Peso materia inerte (g)	Peso semillas puras (g)	% Pureza	% Otras semillas	% Materia inerte
1	100	5.25	0.89	93.86	93.86	5.25	0.8925
2	100	12.5	2.13	85.38	85.38	12.5	2.125
3	100	15.75	2.68	81.57	81.57	15.75	2.6775
4	100	8.33	1.42	90.25	90.25	8.33	1.4161
5	100	7.24	1.23	91.53	91.53	7.24	1.2308
6	100	14.54	2.47	82.99	82.99	14.54	2.4718
7	100	13.5	2.30	84.21	84.21	13.5	2.295
8	100	9.78	1.66	88.56	88.56	9.78	1.6626
9	100	6.36	1.08	92.56	92.56	6.36	1.0812
10	100	4.47	0.76	94.77	94.77	4.47	0.7599
Promedio	100	9.77	1.66	88.57	88.57	9.77	1.66124

Anexo 4. Resultados del procesamiento estadístico de los datos en software InfoStat

Nueva tabla : 12/05/2021 - 16:05:15 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
poder germinativo	18	0.96	0.93	5.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1309.17	7	187.02	31.52	<0.0001
repetición	25.33	2	12.67	2.13	0.1690
tratamiento	1283.83	5	256.77	43.28	<0.0001
Error	59.33	10	5.93		
Total	1368.50	17			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 5.9333 gl: 10

repetición	Medias	n	E.E.
R3	46.83	6	0.99 A
R2	44.50	6	0.99 A
R1	44.17	6	0.99 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 5.9333 gl: 10

tratamiento	Medias	n	E.E.
T4	62.00	3	1.41 A
T2	50.00	3	1.41 B
T3	41.33	3	1.41 C
T1	39.67	3	1.41 C
T5	39.33	3	1.41 C
T6	38.67	3	1.41 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	3	119	39,67	4,33
T2	3	150	50,00	4,00
T3	3	124	41,33	6,33
T4	3	186	62,00	7,00
T5	3	118	39,33	16,33
T6	3	116	38,67	4,33
R-I	6	265	44,17	113,37
R-II	6	267	44,50	69,10
R-III	6	281	46,83	86,17

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tratamientos	1283,833	5	256,767	43,28	0,00000187	3,33 **
Repeticiones	25,333	2	12,667	2,13	0,169	4,10
Error	59,333	10	5,933			
Total	1368,5	17				

Anexo 5. Constancia de identificación de la especie *Hyeronima archorneoides* Allemão



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
Filial Jaén



El que suscribe, Jefe del Laboratorio de Dendrología de la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén, deja:

CONSTANCIA

Que, el Sr. José Darío Fernández Aguilar, bachiller en Ciencias Forestales, de la Universidad Nacional de Cajamarca – Filial Jaén, ha solicitado la identificación de una muestra botánica proveniente del distrito de Chirinos – San Ignacio, como parte del desarrollo de su proyecto de tesis Titulada: “Germinación de semilla botánica de *Hyeronima archorneoides* Allemão utilizando tratamientos pre germinativos químico y mecánico, San Ignacio - Perú”, la muestra fue identificada como *Hyeronima archorneoides* Allemão, y se presenta en el cuadro siguiente, comparando el Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist 1981 y el Sistema de Clasificación APG IV 2016 o grupo para la Filogenia de las Angiospermas (Angiosperm Phylogeny Group).

Categorías Taxonómicas	Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist 1981	Sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016)
Reino	Plantae	Plantae
División	Magnoliophyta	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida Cronquist, Takht. & Zimmerm.	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Rosidae Takht.	Magnoliidae Novák ex Takht.
Orden	Euphorbiales Lindl.	Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia	Euphorbiaceae Juss.	Phyllanthaceae Martinov
Género	<i>Hyeronima</i> Allemão	<i>Hyeronima</i> Allemão
Especie	<i>Hyeronima archorneoides</i> Allemão	<i>Hyeronima archorneoides</i> Allemão

Se expide la presente constancia para los fines que se estime por conveniente.

Jaén, 26 de noviembre de 2019.




Ing. Leiver Flores Flores
Jefe Lab. Dendrología
UNC – Filial Jaén

Anexo 6. Papel Fotográfico



Foto 1. Colección de la muestra botánica



Foto 2. Colección de frutos



Foto 3. Selección de frutos



Foto 4. Trabajo de laboratorio



Foto 5. Preparación de soluciones para aplicar en tratamientos



Foto 6. Acondicionamiento de diseño experimental



Foto 7. Infraestructura para el trabajo de investigación



Foto 8. Escarificación de semillas



Foto 9. Germinación de *Hieronyma alchorneoides* Allemão