

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



PRUEBA DE ESTRÉS EN EL VIGOR DE SEMILLAS DE *Swietenia macrophylla* King Y *Cedrela odorata* L., HERMILIO VALDIZÁN, HUÁNUCO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

JOEL VARGAS MESCCO

Tingo María – Perú

2023



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°032-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 25 de abril de 2023, a horas 4:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“PRUEBAS DE ESTRÉS EN EL VIGOR DE SEMILLAS DE *Swietenia macrophylla* King Y *Cedrela odorata* L., HERMILIO VALDIZÁN, HUÁNUCO”

Presentado por el Bachiller: **JOEL VARGAS MESCCO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**.

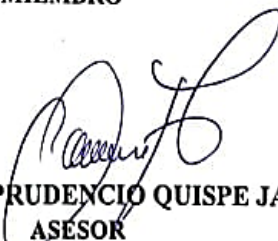
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 03 de mayo de 2023


Ing. RAUL ARAUJO TORRES
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO
MIEMBRO


Ing. Mg.Sc. RICARDO OCHOA CUYA
MIEMBRO


Ing. M.Sc. DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 113 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019- CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PRUEBAS DE ESTRÉS EN EL VIGOR DE SEMILLAS DE <i>Swietenia macrophylla</i> King Y <i>Cedrela odorata</i> L., DISTRITO HERMILIO VALDIZÁN, HUÁNUCO	VARGAS MESCCO, Joel	17% Diecisiete

Tingo María, 10 de mayo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**PRUEBAS DE ESTRÉS EN EL VIGOR DE SEMILLAS DE *Swietenia macrophylla*
King Y *Cedrela odorata* L., DISTRITO HERMILIO VALDIZÁN, HUÁNUCO**

Autor	: VARGAS MESCCO, Joel
Asesor (es)	: Ing. M. Sc. QUISPE JANAMPA, David Prudencio
Programa de investigación	: Gestión de Bosques y Plantaciones Forestales
Línea de investigación	: Silvicultura, Dendrología, Manejo en Viveros y Plantaciones Forestales
Eje temático	: Instalaciones, Producción, Manejo en Viveros y Plantaciones Forestales
Lugar de ejecución	: Caserío de San Isidro, Distrito Hermilio Valdizán, Provincia Leoncio Prado, Región Huánuco
Duración	: 08 meses
Financiamiento	: S/. 4 200,00
	Propio : Sí
	FEDU : No

Tingo María – Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud, por no dejarme solo en momentos difíciles, por ser perseverante y regalarme el don de la sabiduría para lograr mis metas.

A mi querida hermana Mary Luz Vargas Mescoco y a mi tío Hilario Vargas Nuñez por sus buenos consejos y apoyo incondicional durante mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres Regina Mescoco Huamán y Gabriel Vargas Nuñez, gracias por su amor, y por su apoyo incondicional, por enseñarme que la vida es única y que a base de esfuerzo, dedicación y valores logramos nuestros objetivos, son unos padres que simplemente me hacen llenar de orgullo, los amo y no va haber manera de devolverles tanto.

A mi novia Shane Grozny Zavala Mendoza quien es el soporte moral para continuar y alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal por acogerme durante cinco años y contribuir con sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional.
- A mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, expresarles mi mayor reconocimiento por sus esfuerzos y guiarme en este largo camino de mi formación profesional.
- Al Ing. M Sc. David Prudencio Quispe Janampa, agradecido por su asesoramiento en este trabajo de investigación, por su confianza y su tiempo Dios le Bendiga grandemente.
- A mis jurados de Tesis: Ing. Raúl Araujo Torres, Ph. D. Luis Alberto Valdivia Espinoza, Ing. M Sc. Ricardo Ochoa Cuya, Ing. M Sc. Sandra Lorena Guerrero, gracias por sus recomendaciones y sugerencias oportunas para la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A mis amigos(as): Gabriel Riva Agüero, Brayan Sánchez, Alonso Sánchez, Max Salas, Efraín Llactas, Jordi Niño, William Ramos, Cristhian Vidal, Keila Jara, Carminia Huanca y demás amistades que me acompañaron en mi formación profesional, agradecerles por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

Página

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico	3
2.1.1. Semillas	3
2.1.2. Evaluación de plántulas	6
2.1.3. <i>Swietenia macrophylla</i> King (caoba)	7
2.1.4. <i>Cedrela odorata</i> L. (cedro colorado).....	8
2.2. Estado del arte	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Lugar de ejecución	12
3.1.1. Zona de vida y característica climática.....	12
3.2. Material	12
3.2.1. Material de estudio	12
3.2.2. Material, herramientas y equipos.....	13
3.2.3. Insumos.....	13
3.3. Metodología	13
3.3.1. Actividades previas.....	13
3.3.2. Determinación del poder y energía germinativa de las semillas	18
3.3.3. Determinación de la supervivencia de plántulas	19
3.3.4. Determinación de la influencia del estrés en el crecimiento longitudinal, diametral y producción de masa seca de los plantones	19
3.3.5. Análisis estadístico de la investigación	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Poder y energía germinativa de las semillas	25

4.1.1. Poder germinativo	26
4.1.2. Energía germinativa.....	29
4.2. Supervivencia de plántulas.....	30
4.3. Influencia del estrés en el crecimiento longitudinal, diametral y producción de masa seca de los plantones	33
4.3.1. Crecimiento longitudinal	33
4.3.2. Crecimiento diametral	39
4.3.3. Producción de masa seca	43
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. PROPUESTAS A FUTURO	48
VII. REFERENCIAS	49
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Ubicación geográfica del área de estudio	12
2. Descripción de los tratamientos en estudio.....	22
3. Análisis de varianza (ANVA) de la investigación.....	24
4. Tiempos de germinación.....	26
5. Prueba de análisis Tukey para el poder germinativo de semillas, para el factor B	26
6. Prueba de análisis Tukey para el poder germinativo de semillas, por tratamientos	27
7. Descriptivos del poder germinativo de las semillas.....	28
8. Descriptivos de la energía germinativa de las semillas	29
9. Energía germinativa de las semillas, por prueba de estrés sometida	30
10. Prueba de análisis Tukey para la supervivencia de plántulas, para el factor B	31
11. Prueba de análisis Tukey para la supervivencia de plántulas, por tratamientos	32
12. Descriptivos de la supervivencia de plántulas	33
13. Prueba de análisis Tukey para la longitud aérea de las plántulas, para el factor B	34
14. Prueba de análisis Tukey para la longitud aérea de las plántulas, por tratamientos	35
15. Descriptivos de la longitud aérea promedio a los 120 días de sembrado	36
16. Prueba de análisis Tukey para la longitud radicular de plántulas, para el factor B	37
17. Prueba de análisis Tukey para la longitud radicular de plántulas, por tratamientos.....	38
18. Descriptivos de la longitud radicular de plántulas.....	39
19. Prueba de análisis Tukey para el diámetro de las plántulas, para el factor B.....	40
20. Prueba de análisis Tukey para el diámetro de las plántulas, por tratamientos.....	41
21. Descriptivos del diámetro promedio de plántulas a los 120 días de sembrado	42
22. Prueba de análisis Tukey para la producción de masa seca, para el factor B.....	43
23. Prueba de análisis Tukey para producción de masa seca, por tratamientos	44

24. Descriptivos de la biomasa seca aérea	45
25. Descriptivos de la biomasa seca radicular	46
26. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el poder germinativo de semillas	60
27. Prueba de normalidad de los datos del poder germinativo de semillas	60
28. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la supervivencia de las plántulas	60
29. Prueba de normalidad de los datos de la supervivencia de las plántulas	60
30. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de la longitud aérea (cm) de las plántulas	61
31. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la longitud radicular (cm) de las plántulas	61
32. Prueba de normalidad de los datos de longitud aérea y radicular de las plántulas	61
33. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) del diámetro (mm) de las plántulas	61
34. Prueba de normalidad de los datos del diámetro del cuello de la raíz	62
35. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de la producción de masa seca (g)	62
36. Prueba de normalidad de los datos de biomasa seca aérea y biomasa seca radicular ...	62
37. Análisis de germinación del T1 (semillas de caoba no sometidas a pruebas de estrés)	63
38. Análisis de germinación del T2 (semillas de cedro no sometidas a pruebas de estrés).	65
39. Análisis de germinación del T3 (semillas de caoba sometidas a estrés de frío)	66
40. Análisis de germinación del T4 (semillas de cedro sometidas a estrés de frío)	68
41. Análisis de germinación del T5 (semillas de caoba sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado)	69
42. Análisis de germinación del T6 (semillas de cedro sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado)	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Prueba de estrés en frío: a. Recipiente de plástico con malla. b. Semillas acondicionadas. c. Cámara conservadora de semillas. d. Retiro de las semillas de la cámara.	14
2. Prueba de envejecimiento acelerado: a. Estufa con semillas acondicionadas. b. Retiro de las semillas de la estufa.	15
3. Preparación del sustrato: a. Zarandeo de la tierra negra. b. Zarandeo del aserrín. c. Aplicación de un fungicida. d. Mezcla del sustrato.....	16
4. Siembra de semillas de caoba y cedro en la cama germinadora.	17
5. Llenado de bolsas de polietileno.	18
6. Influencia del estrés: a. Medición de la longitud aérea de la plántula. b. Medición del diámetro de la plántula. c. Muestra en la estufa. d. Registro del peso seco de la muestra.	21
7. Distribución de los plántones por tratamiento.	23
8. Poder germinativo promedio de las semillas, por tratamiento.	28
9. Energía germinativa promedio de las semillas, por tratamiento.	29
10. Supervivencia promedio de plántulas (%), por tratamiento.	33
11. Longitud aérea promedio (cm) por tratamiento.	36
12. Longitud radicular promedio de plántulas (%) por tratamiento.	39
13. Diámetro promedio de plántulas (%) por tratamiento.	42
14. Biomasa seca aérea promedio (g) por tratamiento.	45
15. Biomasa seca radicular promedio (g) por tratamiento.	46
16. Semillas aptas para germinar.	55
17. Selección de semillas de <i>C. odorata</i> (cedro colorado).	55
18. Selección de semillas de <i>S. macrophylla</i> (caoba).	56
19. Vivero forestal del caserío San Isidro.	56
20. Bolsas llenas con sustrato.	57

21. Germinación de una semilla de caoba.....	57
22. Plántula de cedro colorado.....	58
23. Plántulas deformadas.....	58
24. Metodología propuesta por Fontana et al. (2016).....	59
25. Información básica de las semillas.....	59

RESUMEN

La investigación tiene la finalidad de alcanzar máximos porcentajes de poder y energía germinativa, así como también óptimos crecimientos de las plántulas de *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro colorado); por ello, como objetivo se planteó conocer los efectos de dos pruebas de estrés (en frío y envejecimiento acelerado) en la germinación y crecimiento de plántulas de las especies antes mencionadas. La investigación se realizó en dos fases, la primera en el Laboratorio de Certificación de Semillas de la Facultad de Recursos Naturales Renovables (Universidad Nacional Agraria de la Selva); mientras que la segunda fase se realizó en el vivero forestal localizado en el caserío San Isidro, distrito Hermilio Valdizán, provincia Leoncio Prado y región Huánuco. Se empleó el Diseño Completo al Azar (DCA) con arreglo factorial 2 x 3, las que fueron distribuidos en seis tratamientos. Se evaluaron variables como poder germinativo, energía germinativa, crecimiento longitudinal, crecimiento diametral y producción de masa seca aérea. El T3 (semillas de caoba sometidas a pruebas en frío) y el T2 (semillas de cedro colorado – prueba testigo) reportaron el máximo poder germinativo con 83,75% para cada uno. El T5 (semillas de caoba sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado) y el T6 (semillas de cedro colorado sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado) reportaron las máximas energías germinativas, con valores de 87,20 y 84,60% respectivamente. El T3 (semillas de caoba sometidas a pruebas en frío) y el T2 (semillas de cedro colorado – prueba testigo) reportaron mayor porcentaje de supervivencia, con valores de 82,50 y 73,75% respectivamente. A los cuatro meses de evaluación se conoció que la prueba testigo reportó los máximos valores de crecimientos y producción de masa seca en plántulas de las especies de *S. macrophylla* y *C. odorata*, a excepción del crecimiento de diámetro a raíz del cuello en plántulas de *S. macrophylla*, en el cual la mejor prueba fue la de envejecimiento acelerado.

Palabras clave: Poder germinativo, crecimiento, masa seca, envejecimiento acelerado, estrés en frío.

ABSTRACT

The research aims to achieve maximum percentages of power and germinative energy, as well as optimal growth of the seedlings of *Swietenia macrophylla* (caoba) and *Cedrela odorata* (red cedro); therefore, as an objective it was proposed to know the effects of two stress tests (cold and accelerated aging) on the germination and growth of seedlings of the aforementioned species. The research was carried out in two phases, the first in the Seed Certification Laboratory of the Faculty of Renewable Natural Resources (Universidad Nacional Agraria de la Selva); while the second phase was carried out in the forest nursery located in the San Isidro hamlet, Hermilio Valdizán district, Leoncio Prado province and Huánuco region. The Complete Randomized Design (DCA) with 2 x 3 factorial arrangement was used, which were distributed in six treatments. Variables such as germinative power, germinative energy, longitudinal growth, diametral growth and production of aerial dry mass were evaluated. T3 (caoba seeds subjected to cold tests) and T2 (red cedro seeds – control test) reported the maximum germination power with 83,75% each. T5 (caoba seeds subjected to accelerated aging tests) and T6 (red cedro seeds subjected to accelerated aging tests) reported the maximum germinative energies, with values of 87,20 and 84,60% respectively. T3 (caoba seeds subjected to cold tests) and T2 (red cedro seeds – control test) reported a higher percentage of survival, with values of 82,50 and 73,75% respectively. After four months of evaluation, it was known that the control test reported the maximum values of growth and dry mass production in seedlings of the species of *S. macrophylla* and *C. odorata*, except for the growth of diameter following the neck in seedlings of *S. macrophylla*, in which the best test was accelerated aging.

Keywords: Germinative power, growth, dry mass, accelerated aging, cold stress.

I. INTRODUCCIÓN

Los factores físicos del ambiente que influyen de manera significativa en la germinación de una semilla son la humedad del sustrato, temperatura, luz, oxígeno, y dióxido de carbono, entre otros; siendo la humedad y temperatura los más determinantes en el proceso de germinación. Sin embargo, el problema radica en que las condiciones de almacenamiento usualmente bajan el vigor de las semillas, especialmente las semillas que no pueden mantener mucho tiempo su viabilidad (semillas recalcitrantes), siendo necesario el constante estudio de condiciones de almacenamiento. Entre los estudios realizados, se encuentran las pruebas de estrés, que son pruebas para determinar el vigor de una semilla que son sometidas a humedades y temperaturas extremas.

La *Swietenia macrophylla* King (caoba) y la *Cedrela odorata* L. (cedro colorado) son especies de gran importancia económica, debido a su anatomía, color, dureza y durabilidad; además de ser utilizada en carpintería, enchapados y ebanistería fina. Sin embargo, el problema de estas especies es que no tienen buena regeneración natural (debido a sus semillas de carácter recalcitrante) y la tala excesiva diezman las poblaciones poniendo en riesgo su existencia. Con el propósito de propagar estas especies, se necesita el constante estudio de sus características básicas de germinación y vigor con pruebas de estrés comprobadas y con un crecimiento en vivero a condiciones de la zona.

En tal sentido, considerando la importancia de las especies, se formula la siguiente interrogante: ¿Cuál será la influencia de pruebas de estrés en el vigor de semillas de *S. macrophylla* King (caoba) y *C. odorata* L. (cedro colorado)? y de acuerdo a los antecedentes se plantea la siguiente hipótesis: Las pruebas de estrés tendrán influencia en el vigor de las semillas de las especies *S. macrophylla* King (caoba) y *C. odorata* L. (cedro colorado) en vivero.

Objetivo general:

- Evaluar la influencia de pruebas de estrés en el vigor de semillas de *S. macrophylla* King (caoba) y *C. odorata* (cedro colorado) en condiciones de vivero, en el distrito Hermilio Valdizán, Huánuco.

Objetivos específicos:

- Determinar el poder y energía germinativa de las semillas de *S. macrophylla* King (caoba) y *C. odorata* L. (cedro colorado) sometidas a estrés.
- Calcular la supervivencia de plántulas de *S. macrophylla* King (caoba) y *C. odorata* L. (cedro colorado) sometidas a estrés.
- Determinar la influencia del estrés en el crecimiento longitudinal, diametral y producción de masa seca de los plantones de *S. macrophylla* King. (caoba) y *C. odorata* L. (cedro colorado).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Semillas

Una semilla en el sentido botánico es un óvulo fertilizado, independiente de la planta madre que ha madurado para volverse distinta fisiológicamente capaz de producir una nueva planta.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (1979) informa que, una semilla generalmente consta de un embrión más tejidos y membranas de nutrientes. La forma, el tamaño, la textura, la consistencia y el color de estas partes varían entre especies, e incluso lotes de semillas de la misma.

Por su parte, Strasburger (2004) indica que, la semilla es el embrión de la planta que ha madurado y está en un estado de “vida latente”, consiguen persistir en este estado en el transcurso mucho tiempo, dependiendo de la especie. Las semillas cuando cumplen la calidad ambiental adecuada rompen su estado de latencia y germinan de forma voluntaria.

2.1.1.1. Viabilidad de las semillas

De acuerdo con Pérez y Pita (2001), la viabilidad masiva de las semillas que hibernan se refiere a la capacidad de germinar y producir plántulas normales en condiciones ambientales favorables.

Por otro lado, Perry (1981) indica que, es la capacidad de germinar y formar nueva planta. Las semillas pueden durar un número muy diferente de años, de uno a 10 años o más. Una serie de semillas no pierde repentinamente la viabilidad. El porcentaje de semillas que germinaron disminuyó gradualmente a lo largo de los años.

Por ello, Poulsen (1993) señala que, comúnmente utilizado como el porcentaje de germinación en una prueba de germinación particular. Según el enfoque agronómico, una semilla es considerada germinado en el momento que produce una planta

madura capaz de alcanzar la etapa reproductiva; es decir, capaz de producir nuevas semillas (Rodríguez et al. 2007).

De acuerdo con Hartmann y Kester (1982), la viabilidad de la semilla está influenciada por las características genéticas de la planta madre, las condiciones climáticas durante la floración, la formación, desarrollo y maduración del fruto, el grado de madurez de la semilla durante la recolección y la cosecha.

Para evaluar y cuantificar la viabilidad se pueden realizar diferentes tipos de test, entre los que destacan: ensayos de germinación, test del tetrazolio y radiografía con rayos X (Pérez y Pita, 2001).

2.1.1.2. Vigor de la semilla

Conforme a lo indicado por Peretti (1994), en 1977, ISTA define el vigor como "la suma de las características de la semilla que establece la actividad y desarrollo potencial de una semilla o lote de semillas durante la germinación". Años después, la Association of Official Seed Analysts (AOSA) definió la viabilidad como "las características de las semillas que establecen la celeridad, la uniformidad potencial del brote y el incremento de plántulas normales en una variedad de estipulación de campo".

Por su parte, Moreira (1988) establece el vigor como, el efecto de la combinación de todas las características de la semilla que toleran una siembra rápida y equivalente en el campo.

De la misma forma, Quirós y Carrillo (1998) lo establece como el potencial biológico de la semilla que promueve un enraizamiento rápido y equivalente en condiciones de campo desfavorable.

Por lo tanto, Contreras y Barros (2003) menciona que, el vigor de la semilla será una señal de su acelerada germinación y la emergencia de las plántulas, lo que establece en gran medida el éxito de la formación de la planta. Cuanto más fuerte es, más rápido puede germinar, y germinar de manera uniforme un número normal de brotes.

2.1.1.3. Prueba de estrés en vigor

Las pruebas de vigor se dividen en directas e indirectas las cuales se muestran a continuación:

- **Pruebas directas:** las semillas se exponen a los factores adversos (estrés) en situaciones controladas de laboratorio. Por ejemplo, la prueba de frío directo (Col Test) es difícil de adaptar a través de laboratorios y conducen a dar resultados más inestables que las pruebas de germinación (Universidad Nacional Agraria La Molina [UNALM], 2004). Peretti (1994) afirmó que, las pruebas de vigor directas replica las condiciones a campo en laboratorio. Se aplica un factor de estrés destinado a reducir la emergencia en campo bajo condiciones controladas en el laboratorio (test de frío). Sin embargo, Barros (2003) expresa que, las pruebas han sido comentadas por su incapacidad para detectar desigualdad de calidad cuando la semilla se expone a condición de suelo favorable.
- **Prueba de estrés frío:** La base teórica acerca de la prueba, es el estado frío y húmedo del suelo que detiene la labor de la semilla como también de los microorganismos del suelo. No obstante, debido a que las semillas tienen una desventaja relativa superior, son más receptivo al atentado de microorganismos responsables de la pudrición. Las semillas fuertes producen plántulas aptas a soportar el ataque de estos microorganismos en mayor medida que las semillas frágiles (UNALM, 2004). Así mismo, Pérez y Pita (2001) puntualizan que, se estima la fuerza, indirectamente por el impacto del procedimiento en frío de la semilla en el incremento y avance subsiguiente de las plántulas. Para ello, las semillas se almacenan en la oscuridad a 10 °C y un 95% de humedad relativa durante 7 días y luego se cultivan a luz a 25 °C. Las plántulas resultantes se evalúan cuando tienen 2 o 3 hojas y la raíces de unos 20 cm. Pero para Craviotto et al., (2010), es un método destinado a evaluar los brotes en sitios en donde el incremento de contenido de humedad y la baja temperatura de la cama de germinación son limitantes y tienden a emerger rápido y homogéneo. El ensayo de laboratorio maneja una T° de 10 °C en el transcurso de 7 días como fase de estrés y aplicando diferentes maneras de desarrollo al combinar suelo y arena o solo arena como forma exclusiva. El estado de humedad del mecanismo de desarrollo debe estar dentro del 70 a 80% de su técnica de absorción, con el objetivo de producir un impacto dañino que implica que la semilla embeba sus tejidos en agua fría. La fase de principio del estrés persiste en una prueba patrón de germinación a 25 °C durante 5 o 6 días con una clasificación de plántulas

normales y anormales como efecto final del estudio. El efecto de la muestra se manifiesta en porcentaje de plántulas normales y lotes vigoroso eso serán el que presente mayor valor de germinación.

- **Pruebas indirectas:** Ciertas características de la semilla se evalúan o miden y luego se correlacionan con el rendimiento en el campo. De acuerdo con la UNALM (2004), una prueba indirecta es la “prueba de envejecimiento acelerado PEA”, expone las semillas a condiciones de alta temperatura y humedad relativa por diferentes tiempos dependiendo de la especie. Estas condiciones indujeron un aumento en la tasa de deterioro fisiológico de la semilla, y en general existe una buena correlación entre el porcentaje de semillas que sobreviven al tratamiento y el porcentaje de emergencia en campo. Por otro lado, Peretti (1994), menciona que la “prueba del envejecimiento acelerado”, se realiza exponiéndolos a condiciones en las que el deterioro progresa muy rápidamente. Alta temperatura (40 - 45 °C), duración dependiente de la especie (48 a 72 horas) y alta humedad ambiental. Después del tratamiento, se evalúa la germinación de las semillas y los lotes que pueden producir plántulas más sanas se consideran vigorosas.

2.1.2. Evaluación de plántulas

Salvador (2003) señala que, la distribución de la biomasa en conjunto con la forma y la estructura se encuentran relacionados con los caracteres morfológicos de una planta que finalmente expresan su calidad.

Aunado a ello, García (2007) indica que, los árboles de buena calidad deben tener un diámetro de raíz grande, un índice delgado (relación altura/diámetro de la raíz), raíces fibrosas y una relación alta entre biomasa de la raíz y la biomasa aérea.

Por su parte, Rodríguez (2008) asevera que, la biomasa total de las plantas y la relación de esta biomasa con el tallo, la hoja y la raíz son indicadores de crecimiento y la adaptabilidad de la planta a un entorno determinado. Además, la producción de biomasa es importante porque refleja el crecimiento de las plantas en el vivero. Sin embargo, si el valor es <1 , entonces la biomasa radicular es mayor que la aérea; al contrario, si el valor es >1 , la biomasa aérea es superior que la radicular. Por ende, Thompson (1985), señalan que una buena

relación debe variar entre 1,5 y 2,5; además, un exceso y la existencia de un sistema radicular escaso no provee de energía a la parte aérea de la planta.

Por otro lado, Vazallo et al. (2013) informa que, una mayor longitud de las raíces en las plántulas permite que pueda sobrellevar eficientemente el trasplante y lograr una rápida adaptación y absorción de agua y nutrientes. Asimismo, Prieto et al. (2009) señalan que, el índice de calidad de Dickson y la relación altura/longitud radicular son indicadores que predicen el éxito de la plantación.

Por lo mencionado anteriormente, Prieto et al. (2003) señala que, la relación altura del tallo con la longitud de la raíz principal predicen el éxito de la plantación, siendo la relación 1:1 la que favorece altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales.

2.1.3. *Swietenia macrophylla* King (caoba)

Betancourt (1987) informa que, *S. macrophylla*, conocida como caoba en México, también es conocida como chacalte en Guatemala, oruro en Venezuela, aguano en Perú, mara y mogno en Bolivia y Brasil, y en su mayor parte de América latina se conoce como Caoba.

La clasificación taxonómica para esta especie es básicamente propuesta por y la APG (2009):

Reino	: Plantae.
División	: Magnoliophyta.
Clase	: Liliopsida.
Orden	: Sapindales.
Familia	: Meliaceae.
Nombre científico	: <i>Swietenia macrophylla</i> King.

Nombre común : Caoba.

De acuerdo con Barrena y Vargas (2004), La caoba alcanza una altura de 40 o 50 metros y tiene la corteza agrietada. Las hojas son grandes con 6 a 12 folíolos lisos, opuestos, alternos, sin glándulas y con ápice, con tres o más pares de folíolos. Las flores son pequeñas y de colores marrón amarillentos, aporreadas y unisexuales, pero con restos de flores heterosexuales bien desarrolladas.

Por su parte, Navarro (1999) indica que, los frutos son ovoides en cápsulas en forma de piriformes, de 12 a 20 cm de largo, cerca de 5 cm de diámetro y 300 g de peso, se abren en cinco obturas de color café. Su fruto unitario produce de 40 a 60 semillas, y en un kilogramo se pueden contar de 1 300 a 2 000 semillas. También nota que el aire dispersado no excede de los 100 m y la tasa de distribución de semillas es mayor cerca del árbol.

Por otro lado, Niembro (1995) añade que, el peso de los frutos y su tamaño tienen una gran relación y calidad biológica de la semilla, y para obtener un gran número de semillas, se recomienda recolectar frutos de gran tamaño.

2.1.4. *Cedrela odorata* L. (cedro colorado)

Mostacero (2002), reporta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Plantae.

División : Magnoliophyta.

Clase : Magnoliopsida.

Orden : Sapindales.

Familia : Meliaceae.

Nombre científico : *Cedrela odorata* L.

Nombre común : Cedro.

La especie *C. odorata*, se conoce según al sitio con los nombres de cedro colorado, cedro rojo, cedro amargo, entre otros.

La Comisión Nacional Forestal [CONAFOR] (2007) indica que, la *C. odorata* se origina de América tropical. Se distribuye desde la ciudad México (Latitud 26° N) hasta el Norte de Argentina (Latitud 28° S). se desarrolla en suelos de origen volcánico, siempre y cuando tiene un buen drenaje y que sea poroso en todo su interior. Su clima es húmedo y con un rango de precipitación entre 2 500 y 4 000 mm anual. La T° media es 25 °C, y máxima 35 °C.

Para Hoyos (1985), el cedro es un árbol dicotiledóneo de la familia de las Meliaceae, apto al atentado del barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller, que agrede la yema fundamental y distorsiona el fuste causando bifurcación. El fuste es recto, alcanza los 40 m de altura total, brotan sus ramas un poco más de la mitad de su altura y tiene un diámetro en su árbol adulto de 1 a 2 m, sus aletas son pequeñas en su base que ayuda al árbol a estabilizar, a causa de su procedimiento radical superficial. Asimismo, su corteza llegar a un espesor de 2 cm, de color gris-claro y dividido en placa por leve hendidura en el árbol joven, el árbol adulto tiene la corteza con mucha fisura, la corteza interna es rosada, es fibrosa con un sabor desabrido, con un profundo y fuerte aroma característico de la especie.

Asimismo, su flor se agrupa en inflorescencias con panícula variable en su medida. Su flor mide de 6 a 9 mm de largo, dulcemente perfumada, su color tiene un tono de crema verdoso. El cáliz es verdoso, en su estructura de copa, de 2 a 3 cm de largo. La corola es tubular; se abre en 5 pétalos, de 7 a 8 mm de largo. Contiene 5 estambres libres. Los frutos son cápsulas leñosas dehiscentes, elípticos-oblongos, de 2,5 a 5 cm de largo, que se cuelga en grupo en el término de su rama.

En la madurez llega a tener un aspecto leñoso color marrón, con numerosas lenticelas amarillas. Persiste a lo largo de un periodo en el árbol. Produce frutos en años alternados. Finalmente, las semillas son aladas, de 2 a 2.5 cm de largo y entre 5 a 8 mm de ancho, de color marrón, la testa es de color castaño rojizo. La capsula llega a tener un contenido de 20 a 40 semillas. Un sólo árbol de cedro llega al año en producción cerca de 10 millones de semillas.

2.2. Estado del arte

Vázquez-Yanes et al. (1999) mencionan que las semillas de *C. odorata* (cedro colorado) se inicia a los 10 o 12 días y se completa a los 25 o 30 días, germinando dentro de un rango de temperaturas de 26 a 31 °C. Alcanza entre 50 y 85% de poder germinativo, con un máximo de 93%; además, no requiere de tratamiento pre germinativo previo, llevándose a cabo tanto a la luz como a la oscuridad siendo más rápida entre 30 y 35 °C.

Barrena y Vargas (2004) indican que, una vez cosechadas las semillas de *S. macrophylla* (caoba) deben ser colocadas para su germinación ya que su viabilidad se pierde rápidamente; recién cosechada su germinación alcanza 95%, declinando en los cuatro primeros meses. Esta variación en la germinación puede ser consecuencia de capas impermeables, inhibidores químicos y temperaturas ambientales.

Niembro et al. (2006), en una investigación realizada en plántulas de 20 familias de caoba, realizaron la medición de la altura y diámetro a los 100 días después de la siembra, reportando alturas que oscilaron entre 6 y 16,8 cm, así como diámetros de los tallos que se encontraron entre 0,8 y 5,8 mm.

Hidalgo (2008) en su investigación, tras evaluar el efecto de la luz roja irradiada por una lámpara fluorescente, lámpara incandescente y luz natural en la germinación de *S. macrophylla*, lograron el proceso germinativo en 16 días. El poder germinativo reportado fue de 72% y la energía germinativa registrada fue de 25%, tras someter las semillas a luz roja con lámpara incandescente, durante un periodo de 27 días.

Torres et al. (2008) en su investigación con semillas de *C. odorata* (cedro colorado) reportó que la germinación empezó seis días después de la siembra y se extendió hasta el día 30; además, obtuvo un porcentaje de poder germinativo del 30%. Las plántulas localizadas a libre exposición solar mostraron mejor supervivencia con valores de 100%.

Ramírez (2013), en su investigación en *S. macrophylla* (caoba) determinó que el tratamiento de plántulas sembradas en 30% de palo podrido + 30% de humus de lombriz + 30% de tierra negra + 10% de arena, al cuarto mes (120 días después de la siembra) reportó mayor

supervivencia con un valor de 30,21%, mayor altura con 13,23 cm y mayor diámetro con 1,63 mm.

López (2015), en su investigación en plántulas de *C. odorata* (cedro colorado) reportó que el incremento mayor en altura y diámetro se reportó con el tratamiento de plántulas sembradas en 30% de aserrín + 30% de gallinaza + 30% de tierra natural + 10% de arena, obteniendo 14,20 cm de altura y 1,90 mm de diámetro. Asimismo, registró 32,28% de supervivencia. Las evaluaciones se registraron a los seis meses (180 días desde la siembra).

Guigues (2019), en su investigación realizada en *C. odorata* (cedro colorado) determinó que a los dos meses de evaluación (60 días desde la siembra), con el tratamiento tierra agrícola, arena de río y compost con una proporción 1:1:1 reportó 99,11% de supervivencia de las plántulas. Asimismo, con el tratamiento tierra agrícola, arena de río y compost con una proporción 2:1:1 reportó en promedio 1,438 cm de altura y 2,773 mm de diámetro.

Díaz y Valdés (2020), determinaron los efectos de tres extractos vegetales en plántulas de *S. macrophylla* (caoba), reportando longitudes de raíces de 15,35 cm (*R. communis*), 16,68 cm (*S. torvum*), 13,85 cm (*S. mammosum*) y 14,25 cm (testigo). Asimismo, reportaron incrementos de diámetro por día de 0,033 mm (*R. communis*), 0,023 mm (*S. torvum*), 0,024 mm (*S. mammosum*) y 0,018 mm (testigo). Del mismo modo, registraron incrementos de altura por día de 0,213 cm (*R. communis*), 0,186 cm (*S. torvum*), 0,208 cm (*S. mammosum*) y 0,156 cm (testigo).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La ejecución de la investigación se realizó en dos fases: la primera fase se realizó en el Laboratorio de Certificación de Semillas, que está adscrita a la Facultad de Recursos Naturales Renovables, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), políticamente ubicada en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado y región Huánuco; mientras que la segunda fase se ejecutó en un vivero forestal localizado en el caserío San Isidro, distrito Hermilio Valdizán, provincia Leoncio Prado y región Huánuco. Los vértices del vivero forestal se detallan a continuación, expresados en coordenadas UTM (Tabla 1):

Tabla 1. Ubicación geográfica del área de estudio

Vértice	Este	Norte
1	407458	8980676
2	407461	8980670
3	407461	8980659
4	407449	8980657
5	407440	8980672

3.1.1. Zona de vida y característica climática

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida y el diagrama bioclimático de Holdridge (1987) el distrito de Hermilio Valdizán se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque muy húmedo Pre montano Tropical (bmh - PT). Las condiciones climáticas del caserío San Isidro son: temperatura máxima 26 °C, mínima 20 °C, y media 23 °C, la humedad relativa 89% y la altitud sobre el nivel del mar es 1 250 msnm.

3.2. Material

3.2.1. Material de estudio

Se utilizaron semillas de *S. macrophylla* King (caoba) y *C. odorata* L. (cedro), que fueron adquiridos en la empresa SEMIFOR EIRL.

3.2.2. Material, herramientas y equipos

Se utilizaron bolsas de polietileno de 5" x 10", carretilla, pala, zaranda, regadera, baldes y regla milimétrica. Como equipos se utilizaron vernier digital, estufa, balanza digital, cámara conservadora, fumigadora, refrigeradora, GPS y cámara fotográfica.

3.2.3. Insumos

Se empleó sustrato, compuesto por tierra negra, arena y aserrín, en proporciones de 3:2:1 y un fungicida para evitar hongos.

3.3. Metodología

Se utilizó la metodología modificada de Fontana et al. (2016) y de la Asociación Internacional de Ensayos de Semillas [ISTA] (2002) para determinar el poder germinativo, energía germinativa, supervivencia de plántulas y la influencia del estrés en el crecimiento de las plántulas.

3.3.1. Actividades previas

3.3.1.1. Coordinación

La investigación se realizó previamente en las instalaciones del Laboratorio de Certificación de Semillas para los tratamientos de estrés en donde el técnico encargado y jefe del laboratorio facilitaron un área para ejecutar cada fase correspondiente. Posteriormente, se realizaron actividades en el vivero temporal en el caserío San Isidro, tales como la construcción de las camas germinadoras y la selección de semillas, la cual consistió en seleccionar las semillas de caoba y cedro colorado del lote adquirido, en la cual se diferenciaron las semillas buenas de las impuras y/o vanas.

3.3.1.2. Aplicación de las pruebas de estrés en frío

Para la prueba de estrés en frío (PEF), las semillas se colocaron en un recipiente de plástico herméticamente tapado con malla en su interior que sostuvieron las semillas. Se agregó 100 ml de agua destilada para generar humedad.

Las semillas se mantuvieron durante siete días en oscuridad, a 10 °C y a 95% de humedad relativa en la cámara conservadora (Figura 1).



Figura 1. Prueba de estrés en frío: a. Recipiente de plástico con malla. b. Semillas acondicionadas. c. Cámara conservadora de semillas. d. Retiro de las semillas de la cámara.

3.3.1.3. Aplicación de la prueba de envejecimiento acelerado

Para el ensayo en envejecimiento acelerado (PEA), las semillas se colocaron en un recipiente de plástico herméticamente tapado con malla en su interior que

sostuvieron las semillas, además de 100 ml de agua destilada que se agregó para generar humedad.

Las semillas se mantuvieron durante tres días en oscuridad, a 40 °C y a 100% de humedad relativa en la estufa (Figura 2).



Figura 2. Prueba de envejecimiento acelerado: a. Estufa con semillas acondicionadas. b. Retiro de las semillas de la estufa.

3.3.1.4. Preparación del sustrato

Para la germinación se usaron camas de almácigo, para ello se utilizó arena esterilizada con agua a 100 °C, para evitar la propagación de hongos u otros patógenos que puedan afectar el experimento.

Para la preparación del sustrato de los plantones se utilizó una carretilla para reunir la tierra negra, arena y aserrín en proporción 3:2:1 respectivamente, según el orden. Posteriormente se mezclaron los tres componentes del sustrato, utilizando una pala, y

finalmente se tamizaron con una zaranda, eliminando raíces, piedras, obteniendo de esta manera un sustrato fino y uniforme (Figura 3).



Figura 3. Preparación del sustrato: a. Zarandeo de la tierra negra. b. Zarandeo del aserrín. c. Aplicación de un fungicida. d. Mezcla del sustrato.

3.3.1.5. Siembra de semillas

Para la siembra, las semillas se sumergieron en agua por una hora, teniendo 20 semillas por repetición (ISTA, 2002). Se sembraron las semillas en la cama

de germinación, bajo un sistema de siembra cuadrado de 2 cm x 2 cm (Figura 4). Posteriormente se humedecieron con mucho cuidado y se esperaron a la germinación por un periodo promedio de 32 días para caoba y 17 días para cedro.



Figura 4. Siembra de semillas de caoba y cedro en la cama germinadora.

3.3.1.6. Llenado de bolsas

Se realizó el llenado de las bolsas (bolsas de polietileno negro de 5" x 10"), agregando sustrato hasta $\frac{1}{4}$ de la bolsa y presionando hacia abajo con los dedos, dándole leves golpes a la bolsa contra el suelo hasta compactar el sustrato, el anterior procedimiento se repitió cada vez que se agregó más sustrato, hasta la mitad, las tres cuartas partes y toda la bolsa (Figura 5).



Figura 5. Llenado de bolsas de polietileno.

3.3.1.7. Repique y riego

Luego del brote de las primeras hojas verdaderas, se realizó la selección de plántulas por tamaño, eligiendo las más vigorosas y sanas. Se extrajeron y se colocaron en un recipiente con agua para evitar la deshidratación. Luego, con la ayuda de un repicador artesanal de madera, se aperturó un agujero en el sustrato de la bolsa, se introdujo con mucho cuidado la plántula y se cerró el hoyo apretando uniformemente el sustrato. Al finalizar se realizó el riego respectivo, dicha actividad se realizó por la mañana.

3.3.2. Determinación del poder y energía germinativa de las semillas

La medición del poder germinativo (ecuación 1) y energía germinativa de semillas viables (ecuación 2) fueron evaluados durante el inicio de germinación y el final de la germinación y se determinó de acuerdo a las fórmulas propuestas por ISTA (2002), las cuales se indican a continuación:

$$P.G = \frac{NSG}{NTSS} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

$$EG = \frac{\text{Número máximo de semillas germinadas en el primer conteo}}{NTSS} \times 100 \dots \dots (2)$$

Donde:

PG : Poder germinativo.

EG : Energía germinativa.

NSG : Número de semillas germinadas.

NTSS : Número total de semillas sembradas.

3.3.3. Determinación de la supervivencia de plántulas

La determinación de la supervivencia de las semillas sometidas a las pruebas de estrés se realizó después del ensayo de germinación, cuantificando de forma visual el número de semillas que no germinaron o se quemaron por la acción de los tratamientos; por lo tanto, con las semillas vivas se cuantificó de acuerdo a la siguiente ecuación 3:

$$PS = \frac{NSV}{NTSS} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

PS : Porcentaje de supervivencia.

NSV : Número de semillas vivas.

NTSS : Número total de semillas sembradas.

3.3.4. Determinación de la influencia del estrés en el crecimiento longitudinal, diametral y producción de masa seca de los plantones

En la influencia de los factores se consideró el 20% de las plántulas de cada tratamiento y se registraron sus características biométricas, tales como longitud de la parte aérea, longitud radicular y producción de peso seco total (biomasa) dichas plantas fueron sacrificadas con fines de investigación.

- La medición de la longitud de la parte aérea se realizó con una regla metálica, desde el cuello de la raíz de la plántula hasta el ápice de la última hoja (Figura 6).
- La medición de longitud de la raíz se realizó con una regla metálica, desde el cuello de la raíz de la plántula hasta la punta de la misma.
- La medición de diámetro se realizó con un vernier, colocando el equipo en el cuello de la raíz de la plántula o al ras del sustrato (Figura 6).
- La medición del peso seco de las plántulas se realizó en una estufa a 80 °C durante 72 horas. Al final de este periodo se determinó en una balanza digital el peso seco en gramos (Figura 6).

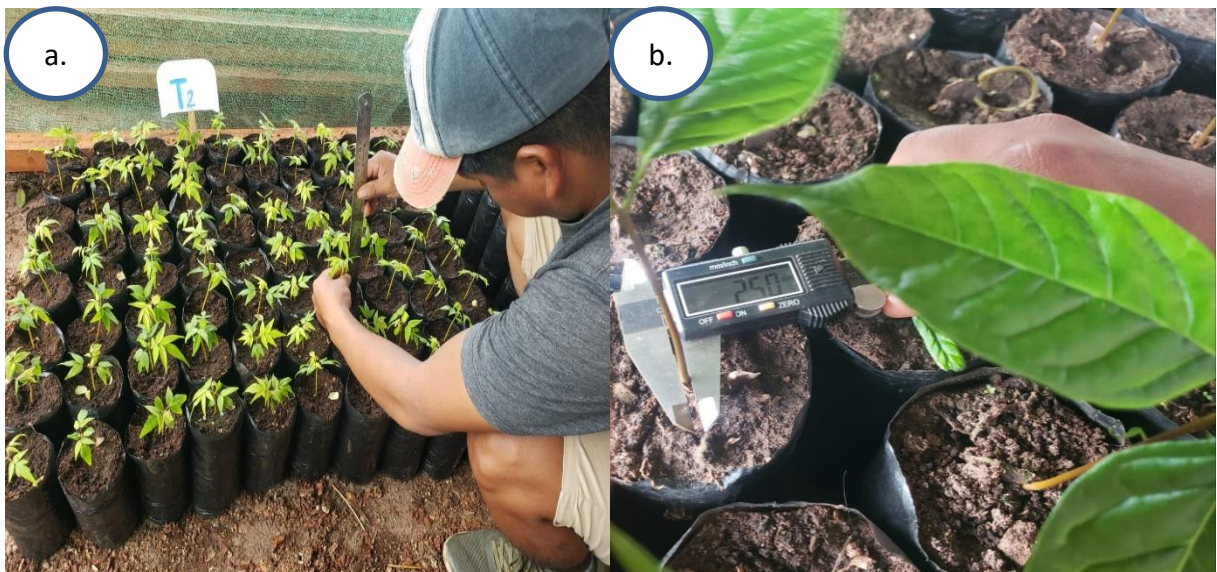




Figura 6. Influencia del estrés: a. Medición de la longitud aérea de la plántula. b. Medición del diámetro de la plántula. c. Muestra en la estufa. d. Registro del peso seco de la muestra.

3.3.5. Análisis estadístico de la investigación

3.3.5.1. Factores

El factor “A” está representado por las especies forestales, que son de similar familia y semillas:

- a1 = Especie 1 = Caoba (*S. macrophylla* King.).
- a2 = Especie 2 = Cedro colorado (*C. odorata* L.)

El factor “B” está representado por los tratamientos de estrés, por lo que se adicionó un testigo para el control de investigación, se realizó con la metodología de Fontana et al. (2016) e ISTA (2002):

- b1 = Testigo = Semillas sin estrés.
- b2 = Estrés 1 = Semillas sometidas a prueba de estrés en frío.

- b3 = Estrés 2 = Semillas sometidas a envejecimiento acelerado.

3.3.5.2. Tratamientos en estudio

En la Tabla 2 se muestran los tratamientos considerados en la investigación, los cuales fueron generados por las combinaciones de las especies forestales utilizadas (a1 y a2), y las pruebas de estrés aplicadas (b1, b2 y b3).

Tabla 2. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Combinación	Descripción
T ₁	a ₁ b ₁	Semillas de caoba (<i>S. macrophylla</i> King) no sometidas a pruebas de estrés
T ₂	a ₂ b ₁	Semillas de cedro colorado (<i>C. odorata</i> L.) no sometidas a pruebas de estrés
T ₃	a ₁ b ₂	Semillas de caoba (<i>S. macrophylla</i> King) sometidas a prueba de estrés en frío (PEF)
T ₄	a ₂ b ₂	Semillas de cedro colorado (<i>C. odorata</i> L.) sometidas a pruebas de estrés en frío (PEF)
T ₅	a ₁ b ₃	Semillas de caoba (<i>S. macrophylla</i> King) sometidas a envejecimiento acelerado (PEA)
T ₆	a ₂ b ₃	Semillas de cedro colorado (<i>C. odorata</i> L.) sometidas a envejecimiento acelerado (PEA)

3.3.5.3. Diseño de la investigación

En la Figura 7 se observa la distribución de los tratamientos, bajo un diseño completo al azar (DCA) con seis tratamientos, sometidos a cuatro repeticiones por tratamiento, 24 unidades experimentales y 20 semillas por repetición haciendo un total de 480 semillas.

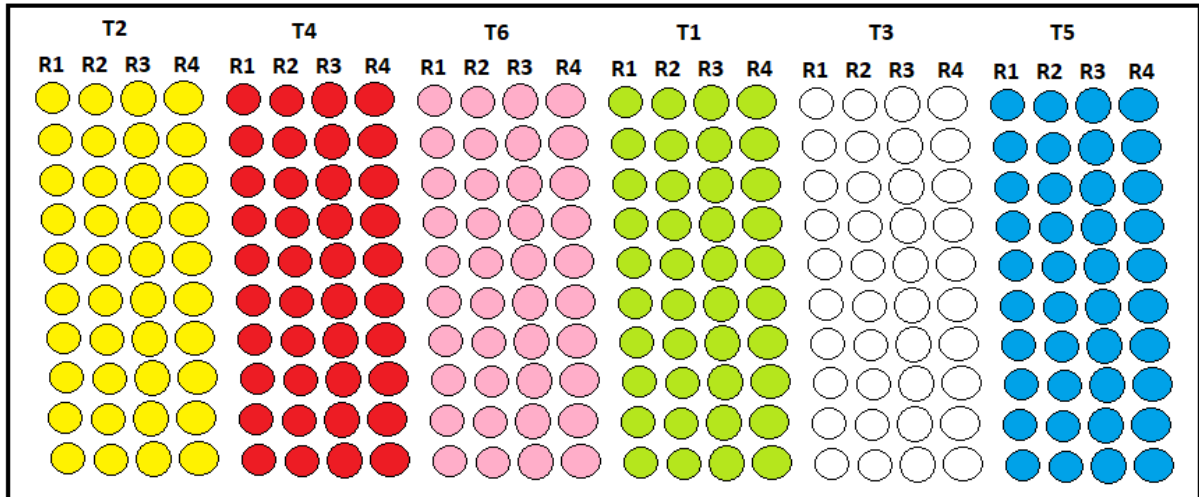


Figura 7. Distribución de los plantones por tratamiento.

3.3.5.4. Modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal de la investigación se realizó de acuerdo al diseño estadístico aplicado, tal es el caso que se aplicó un diseño completamente al azar (DCA):

$$\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha \times \beta) + \varepsilon_{ijk} \dots \dots (1)$$

Donde:

γ_{ijk} : Respuesta obtenida en la k-repetición, a la cual se aplicó estrés con la j-especie.

μ : Efecto de la media general.

α_i : Efecto del i-tratamiento.

β_j : Efecto de la j-especie.

$(\alpha \times \beta)$: Efecto de la interacción entre el i-tratamiento con la j-especie.

ε_{ijk} : Efecto aleatorio del error experimental obtenida en la k-repetición, a la cual se aplicó el i-tratamiento con la j-especie.

3.3.5.5. Análisis de varianza

En la Tabla 3, se muestra el análisis de varianza de las variables evaluadas con la prueba de Fisher (ANVA) a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ y comparación de medias con el Test post hoc de Tukey también a un grado de significancia de $\alpha = 0,05$.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANVA) de la investigación

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc
Especie forestal	a-1	SC A	SC A / a-1	CMA/CME
Prueba de estrés.	b-1	SC B	SC B / b-1	CMB/CME
Interacción	(a-1)(b-1)	SC AB	SC AB/(a-1)(b-1)	CMAB/CME
Error	ab(r-1) -r+1	SC E	SC E/ GLE	
Total	abr - 1	SCTotal		

A y B: factores; r = repeticiones; GL =grados de libertad; Sc = Suma de cuadrados Sc = Suma de cuadrados; Fc = F calculado

3.3.5.6. Unidad experimental

La investigación presentó seis tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento haciendo un total de 24 unidades experimentales, cada unidad experimental contó con 20 plantones (sub-unidades experimentales), según el protocolo modificado propuesto (ISTA, 2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Poder y energía germinativa de las semillas

La Tabla 4 se precisan los tiempos de germinación. Con relación a la especie *S. macrophylla* (caoba), el T3 inició la germinación en el día 28, el T1 inició en el día 31, y el T5 inició en el día 35. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), el T2 comenzó la germinación en el día 15, el T4 comenzó en el día 17, y el T6 comenzó en el día 19. Asimismo, el periodo de germinación fue variable, en orden de menor a mayor, con el T5 se reportó 10 días de germinación, con el T6 se registró 11 días, con los T1, T3 y T4 resultó ser de 12 días, y con el T2 se reportó 15 días.

Al comparar ambas especies, *C. odorata* reportó mayor periodo de germinación e inició la germinación antes que *S. macrophylla*. Asimismo, entre los tratamientos empleados, el mejor tratamiento resultó ser el T2 (testigo de semillas de cedro colorado) porque reportó mayor periodo de germinación e inició más pronto la germinación; mientras que el tratamiento con resultados poco favorables fue el T5 (semillas de caoba con prueba de envejecimiento acelerado) debido a que registró menor periodo de germinación e inició más tarde la germinación.

Las semillas de *S. macrophylla* (caoba) sometida a las pruebas de estrés en frío logró el proceso germinativo en 12 días, siendo inferior a lo determinado por Hidalgo (2008) que, en su investigación reportó un proceso germinativo de la especie en 16 días, tras someterlas al efecto de la luz roja irradiada por una lámpara incandescente.

Del mismo modo, las semillas de *C. odorata* (cedro colorado) sometida a las pruebas de estrés en frío logró el proceso germinativo en 12 días, siendo inferior a lo determinado por Torres et al. (2008) que, en su investigación reportó un proceso germinativo de la especie en 25 días, tras someterlas al efecto de la luz roja irradiada por una lámpara incandescente.

Por los resultados obtenidos en el proceso de germinación, tras comparar las pruebas de estrés con la prueba testigo, se determina que no se consiguió reducir la emergencia en campo para las especies investigadas.

Tabla 4. Tiempos de germinación

Tratamientos	Inicio de germinación (día)	Final de germinación (día)	Periodo de germinación (días)
T1	31	42	12
T2	15	29	15
T3	28	39	12
T4	17	28	12
T5	35	44	10
T6	19	29	11

4.1.1. Poder germinativo

En cuanto al análisis de varianza presentado en la Tabla 26 del Anexo se determina que existen diferencias significativas entre las especies forestales, las pruebas de estrés sometidas y entre la interacción, debido a que el Fvalor o p-value reportado es menor a “ α ” ($p < 0,05$). Asimismo, los datos de normalidad correspondiente ($p > 0,05$), resultó ser 0,078 para *S. macrophylla* (caoba) y 0,107 para *C. odorata* (cedro colorado) (ver Tabla 27 del Anexo), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis Tukey.

La Tabla 5 muestra el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre el poder germinativo de las semillas de las especies forestales a las pruebas de estrés a las que fueron sometidas, determinándose que no se reportan diferencias significativas entre la prueba de estrés en frío con la prueba testigo; sin embargo, ambas pruebas reportan diferencias significativas con la prueba de envejecimiento acelerado. El poder germinativo promedio con la prueba testigo es 6,11% mayor que lo reportado por la prueba de estrés en frío, y 50,38% mayor que lo registrado por la prueba de envejecimiento acelerado.

Tabla 5. Prueba de análisis Tukey para el poder germinativo de semillas, para el factor B

Pruebas de estrés	Poder germinativo promedio (%)	Sig.
Testigo	81,88	a
En frío	76,88	a
Envejecimiento acelerado	40,63	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 6 detalla acerca del análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre el poder germinativo para cada tratamiento aplicado en la investigación. No existen diferencias significativas entre el primer grupo conformado por el T6 con el T5, así como entre el segundo grupo conformado por el T4, T1, T2 y el T3; sin embargo, sí se reportan diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos.

El máximo poder germinativo de *S. macrophylla* (caoba) se reportó con el T3 (semillas sometidas a pruebas de estrés en frío), con un valor promedio de 83,75%; la cual en comparación a lo informado por Barrena y Vargas (2004), son inferiores, debido a que los mencionados autores indican que las semillas una vez cosechadas su germinación alcanza 95%, pero que va declinando en los cuatro primeros meses. Sin embargo, en comparación con lo determinado por Hidalgo (2008), los resultados son superiores, debido a que el autor reportó 72% de poder germinativo tras someter las semillas a luz roja con lámpara incandescente.

Con respecto al máximo poder germinativo de *Cedrela odorata* (cedro colorado) se reportó con el T2 (testigo) y con el T4 (semillas sometidas a pruebas de estrés en frío), con un valor de 83,75 y 80% respectivamente. Ambos porcentajes de poder germinativo son muy superiores a lo reportado por Torres et al. (2008) que, en su investigación obtuvo un porcentaje de poder germinativo del 30%. No obstante, en comparación con lo indicado por Vázquez-Yanes et al. (1999) los resultados se encuentran dentro del rango detallado por los autores que está entre, 50 y 85%.

Tabla 6. Prueba de análisis Tukey para el poder germinativo de semillas, por tratamientos

Tratamientos	Poder germinativo promedio (%)	Sig.
3	83,75	a
2	83,75	a
1	80,00	a
4	70,00	a
5	48.75	b
6	32.50	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 7 y la Figura 8 destacan los resultados descriptivos estadísticos obtenidos sobre el poder germinativo promedio por cada factor. En la especie *S. macrophylla*

(caoba), la prueba de estrés en frío reportó mejores promedios de poder germinativo, secundado por la prueba testigo y seguido por la prueba de envejecimiento acelerado. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), la prueba testigo reportó mejores promedios de poder germinativo, secundado por la prueba en frío y seguido por la prueba de envejecimiento acelerado.

Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *S. macrophylla* (caoba) reportó 12,35% más poder germinativo que *C. odorata* (cedro colorado).

Tabla 7. Descriptivos del poder germinativo de las semillas

Especie forestal	Pruebas de estrés	Poder germinativo promedio (%)	Desviación típica
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	80,00	10,00
	En frío	83,75	8,54
	Envejecimiento acelerado	48,75	2,50
	Promedio	70,83	
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	83,75	6,29
	En frío	70,00	10,80
	Envejecimiento acelerado	32,50	6,45
	Promedio	62,08	

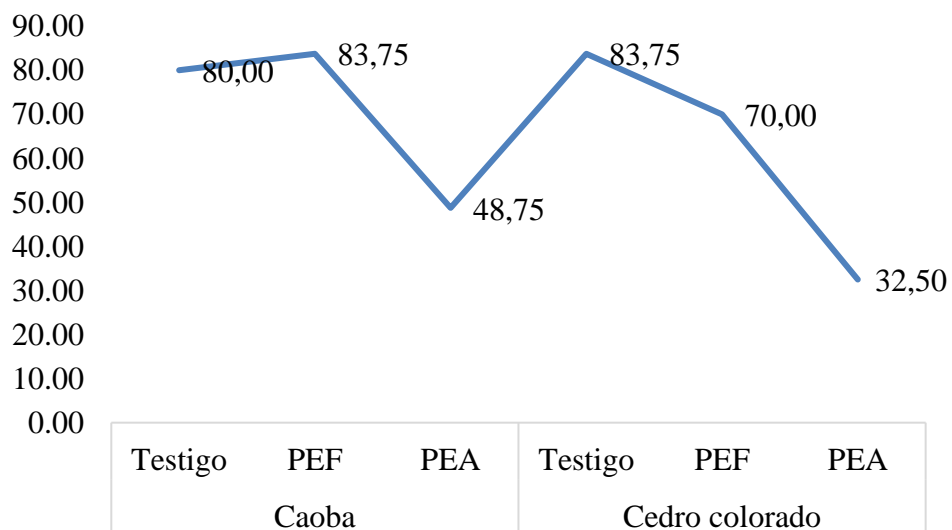


Figura 8. Poder germinativo promedio de las semillas, por tratamiento.

4.1.2. Energía germinativa

La Tabla 8 y la Figura 9 muestran que, en la especie *S. macrophylla* (caoba), la prueba de estrés envejecimiento acelerado reportó mejores promedios de energía germinativa, secundado por la prueba testigo y seguido por la prueba de estrés en frío. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), la prueba de estrés envejecimiento acelerado reportó mejores promedios de energía germinativa, secundado por la prueba de estrés en frío y seguido por la prueba testigo. Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *S. macrophylla* (caoba) reportó 3,52% más energía germinativa que *C. odorata* (cedro colorado).

Tabla 8. Descriptivos de la energía germinativa de las semillas

Especie forestal	Pruebas de estrés	Energía germinativa promedio (%)
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	76,60
	En frío	55,20
	Envejecimiento acelerado	87,20
	Promedio	73,00
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	60,00
	En frío	66,70
	Envejecimiento acelerado	84,60
	Promedio	70,43

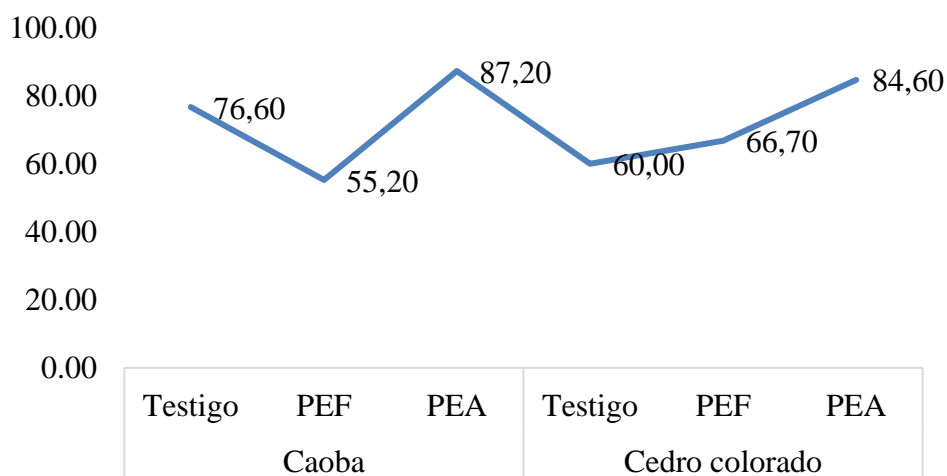


Figura 9. Energía germinativa promedio de las semillas, por tratamiento.

La Tabla 9 detalla la energía germinativa promedio por el tipo de prueba de estrés a la que fueron sometidas las semillas. La prueba de envejecimiento acelerado reportó 20,49% más de energía germinativa en relación a la prueba testigo y 29,05% más en relación a la prueba de estrés en frío. Asimismo, la prueba testigo registró 10,76% más energía germinativa que la prueba de estrés en frío.

La máxima energía germinativa de *S. macrophylla* (caoba) se reportó con el T5 (semillas sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado), con un valor promedio de 87,20%; la cual en comparación a lo informado por Hidalgo (2008), los resultados son superiores, debido a que el autor reportó 25% de poder germinativo tras someter las semillas a luz roja con lámpara incandescente.

Con respecto a la máxima energía germinativa de *C. odorata* (cedro colorado) se reportó con el T6 (semillas sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado), con un valor promedio de 84,60%, corroborando lo indicado por Vázquez-Yanes et al. (1999) acerca de que la germinación se debe llevar a cabo tanto a la luz como a la oscuridad siendo más rápida entre 30 y 35 °C; concordando también con la UNALM (2004), que menciona que la prueba de envejecimiento acelerado PEA, se refiere al sometimiento de la semilla a condiciones de alta temperatura y humedad relativa por un tiempo que varía según la especie.

Tabla 9. Energía germinativa de las semillas, por prueba de estrés sometida

Prueba de estrés	Energía germinativa promedio (%)
Testigo	68,30
Prueba de estrés en frío	60,95
Prueba de envejecimiento acelerado	85,90

4.2. Supervivencia de plántulas

Con respecto al análisis de varianza presentado en la Tabla 28 (ver Anexo) se determinó que existen diferencias significativas entre las especies forestales y entre las pruebas de estrés sometidas, debido a que el Fvalor o p-value reportado es menor a “ α ” ($p < 0,05$); mientras que entre la interacción entre el Factor A x Factor B no se reportaron diferencias significativas. Asimismo, los datos de normalidad correspondiente ($p > 0,05$), resultó ser 0,094

para *S. macrophylla* (caoba) y 0,058 para *C. odorata* (cedro colorado) (ver Tabla 29 del Anexo), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis Tukey.

La Tabla 10 muestra el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la supervivencia de plántulas. No existen diferencias significativas entre la prueba de estrés en frío con la prueba testigo, pero sí reportan diferencias significativas con la prueba de envejecimiento acelerado. La supervivencia de plántulas promedio con la prueba de estrés en frío es similar a lo reportado por la prueba testigo, pero 47,49% mayor que lo registrado por la prueba de envejecimiento acelerado.

Tabla 10. Prueba de análisis Tukey para la supervivencia de plántulas, para el factor B

Pruebas de estrés	Supervivencia promedio (%)	Sig.
Testigo	75,00	a
En frío	75,00	a
Envejecimiento acelerado	39.38	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 11 detalla acerca del análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la supervivencia de plántulas para cada tratamiento aplicado en la investigación. No existen diferencias significativas entre el primer grupo conformado por el T6 con el T5, así como entre el segundo grupo conformado por el T4, T1, T2 y el T3. Sin embargo, sí se reportan diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos.

El T3 (semillas de caoba sometidas a pruebas de estrés en frío) reportó mayor supervivencia de plántulas, con 82,50%; asimismo, el T2 (semillas de cedro colorado no sometidas a pruebas de estrés) reportó mayor poder germinativo, con 73,75%.

En relación a la supervivencia de plántulas de caoba, los datos obtenidos en la investigación son superiores a lo reportado por Ramírez (2013), que en su investigación con el tratamiento de plántulas sembradas en 30% de palo podrido + 30% de humus de lombriz + 30% de tierra negra + 10% de arena, a los 120 días después de la siembra alcanzó un valor promedio de 30,21%.

Con respecto a los resultados de supervivencia de plántulas de cedro colorado, estos son inferiores a lo determinado por Torres et al. (2008) que en su investigación evaluando plántulas localizadas a libre exposición solar mostraron mejor supervivencia con valores de 100%, y a lo determinado por Guigues (2019), quien reportó 99,11% de supervivencia con valores de 99,11% a los 60 días desde la siembra, utilizando el tratamiento tierra agrícola, arena de río y compost con una proporción 1:1:1. Sin embargo, los valores obtenidos son superiores a lo registrado por López (2015), que en su investigación con el tratamiento de plántulas sembradas en 30% de aserrín + 30% de gallinaza + 30% de tierra natural + 10 % de arena, a los 180 días desde la siembra alcanzó 32,28% de supervivencia.

Tabla 11. Prueba de análisis Tukey para la supervivencia de plántulas, por tratamientos

Tratamientos	Supervivencia promedio (%)	Sig.
3	82,50	a
1	76,25	a
2	73,75	a
4	67,50	a
5	47,50	b
6	31,25	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 12 y la Figura 10 destacan los resultados descriptivos estadísticos obtenidos sobre la supervivencia de plántulas promedio por cada factor.

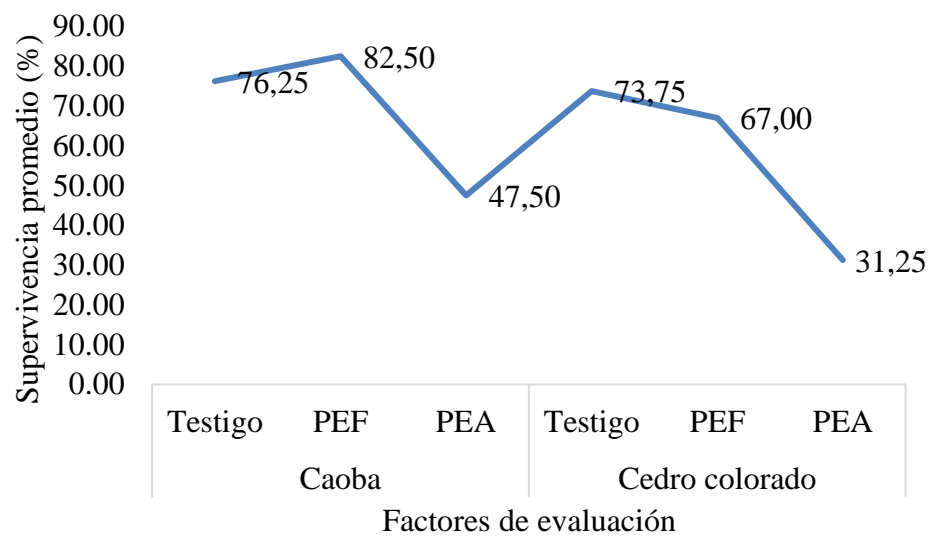
En la especie *S. macrophylla* (caoba), la prueba de estrés en frío reportó mejores promedios de supervivencia de plántulas, secundado por la prueba testigo y seguido por la prueba de envejecimiento acelerado.

Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), la prueba testigo reportó mejores promedios de supervivencia de plántulas, secundado por la prueba en frío y seguido por la prueba de envejecimiento acelerado.

Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *S. macrophylla* (caoba) reportó 16,36% más supervivencia de las plántulas de *C. odorata* (cedro colorado).

Tabla 12. Descriptivos de la supervivencia de plántulas

Especie forestal	Pruebas de estrés	Supervivencia promedio	Desviación
		(%)	típica
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	76,25	9,46
	En frío	82,50	6,45
	Envejecimiento acelerado	47,50	2,89
	Promedio	68,75	
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	73,75	9,46
	En frío	67,00	8,66
	Envejecimiento acelerado	31,25	6,29
	Promedio	57,50	

**Figura 10.** Supervivencia promedio de plántulas (%), por tratamiento.

4.3. Influencia del estrés en el crecimiento longitudinal, diametral y producción de masa seca de los plantones

4.3.1. Crecimiento longitudinal

Para la longitud aérea, en la Tabla 30 del Anexo se indica que, en relación a la longitud aérea de las plántulas, entre especies forestales (Factor A) existen diferencias

significativas en tres de las cuatro evaluaciones realizadas (excepto la tercera evaluación), dado que el valor “F. Tab.” es menor a “ α ” ($p < 0,05$). También se muestra que entre pruebas de estrés (Factor B) existen diferencias significativas en las cuatro evaluaciones realizadas. Además, en lo que concierne a la interacción (Factor A x Factor B) se detalla que entre los tratamientos existen diferencias significativas en tres de las cuatro evaluaciones realizadas (excepto la tercera evaluación).

Asimismo, los datos de normalidad correspondiente ($p > 0,05$), resultó ser 0,111 para *S. macrophylla* (caoba) y 0,055 para *C. odorata* (cedro colorado) (ver Tabla 32 del Anexo), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis Tukey.

La Tabla 13 muestra el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la longitud aérea, determinando que no existen diferencias significativas entre la prueba de estrés en frío con la prueba de envejecimiento acelerado, pero sí reportan diferencias significativas con la prueba testigo. La longitud aérea promedio con la prueba testigo es 15,94% mayor que lo reportado por la prueba de envejecimiento acelerado, y 18,19% mayor que lo registrado por la prueba de estrés en frío.

Tabla 13. Prueba de análisis Tukey para la longitud aérea de las plántulas, para el factor B

Pruebas de estrés	Longitud aérea promedio a los 120 días de sembrado (cm)	Sig.
Testigo	23,52	a
Envejecimiento acelerado	19,77	b
En frío	23,52	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 14 detalla acerca del análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la longitud aérea promedio de las plántulas para cada tratamiento aplicado en la investigación. Existen tres grupos que no presentan diferencias estadísticas entre sus componentes, siendo el primer grupo conformado por el T4 y T6, el segundo grupo conformado por el T6, T5 y T3, y el tercer grupo conformado por el T2 y T1. Sin embargo, existen diferencias estadísticas significativas entre los tres grupos. Las máximas longitudes aéreas de plántulas se reportaron con el T1 (prueba testigo de semillas de *S. macrophylla*) y con el T2 (prueba testigo de semillas de *C. odorata*).

A 120 días de la siembra, la longitud aérea máxima de las plántulas de *S. macrophylla* fue 23,72 cm (prueba testigo), siendo superior a los rangos determinado por Niembro et al. (2006), que a los 100 días después de la siembra reportaron longitudes aéreas que oscilaron entre 6 y 16,8 cm. Asimismo, también fueron mayores a lo registrado por Ramírez (2013), que con su mejor tratamiento obtuvo 13,23 cm de longitud aérea a los 120 días después de la siembra.

Con la prueba de estrés en frío se reportó un incremento diario de longitud aérea de plántulas de *S. macrophylla* de 0,093 cm, resultado que es inferior a lo determinado por Díaz y Valdés (2020), quienes tras evaluar los efectos de tres extractos vegetales en plántulas de dicha especie reportaron incrementos de altura por día de 0,213 cm (*R. communis*), 0,186 cm (*S. torvum*), 0,208 cm (*S. mammosum*) y 0,156 cm (testigo).

A 120 días de la siembra, la longitud aérea máxima de las plántulas de *C. odorata* fue 23,32 cm (prueba testigo), siendo superior a lo determinado por López (2015), que con su mejor tratamiento obtuvo 14,20 cm de longitud aérea a los 180 días después de la siembra. Además, al comparar los datos de longitud aérea a los 60 días de evaluación (15,76 cm con la prueba testigo, 14,13 cm con la prueba de estrés en frío y 14,11 cm con la prueba de envejecimiento acelerado), se afirma que son superiores a los datos reportados por Guigues (2019), que en su investigación determinó que a los dos meses de evaluación (60 días desde la siembra), con su mejor tratamiento reportó 1,438 cm de longitud aérea.

Tabla 14. Prueba de análisis Tukey para la longitud aérea de las plántulas, por tratamientos

Tratamientos	Longitud aérea promedio a los 120 días de sembrado (cm)	Sig.
1	23,72	a
2	23,32	a
3	20,44	b
5	19,93	b
6	19,62	bc
4	18,05	c

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 15 y la Figura 11 destacan los resultados descriptivos estadísticos obtenidos sobre la longitud aérea promedio por cada factor. En la especie *S. macrophylla* (caoba), la prueba testigo reportó mejores promedios de longitud aérea, secundado por la prueba de estrés en frío y seguido por la prueba de envejecimiento acelerado. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), la prueba testigo reportó mejores promedios de longitud aérea, secundado por la prueba en frío y seguido por la prueba de envejecimiento acelerado. Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *S. macrophylla* (caoba) reportó 4,82% más longitud aérea que *C. odorata* (cedro colorado).

Tabla 15. Descriptivos de la longitud aérea promedio a los 120 días de sembrado

Especie forestal	Pruebas de estrés	Longitud aérea promedio (cm)	Desviación típica
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	23,72	1,12
	En frío	20,44	0,57
	Envejecimiento acelerado	19,93	0,74
	Promedio	21,36	
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	23,32	0,77
	En frío	18,05	0,19
	Envejecimiento acelerado	19,62	0,59
	Promedio	20,33	

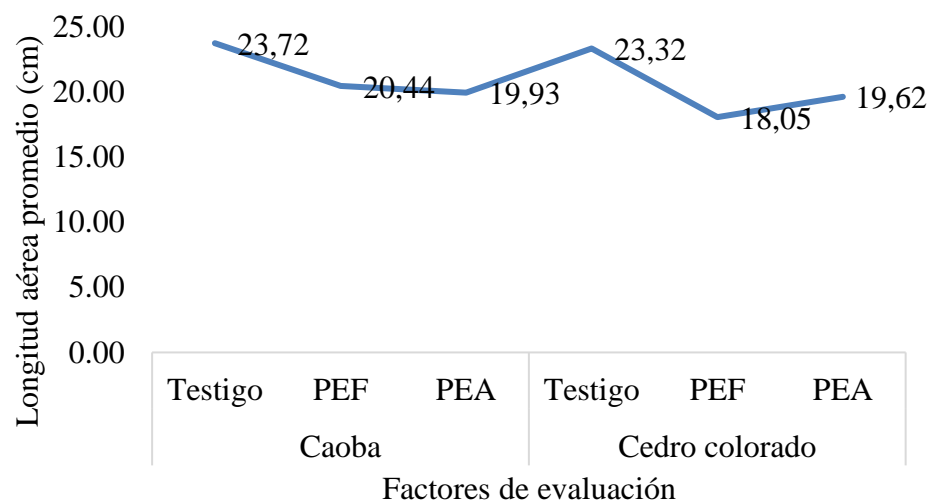


Figura 11. Longitud aérea promedio (cm) por tratamiento.

Para la longitud radicular, en la Tabla 31 se determinó que existen diferencias significativas entre las pruebas de estrés sometidas, debido a que el Fvalor o p-value reportado es menor a “ α ” ($p < 0,05$); sin embargo, no se reportó diferencias estadísticas significativas entre las especies forestales y entre la interacción especie forestal – pruebas de estrés. Asimismo, los datos de normalidad correspondiente ($p > 0,05$), resultó ser 0,760 para *S. macrophylla* (caoba) y 0,340 para *C. odorata* (cedro colorado) (ver Tabla 32 del Anexo), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis Tukey.

La Tabla 16 muestra el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la longitud radicular, determinando que no existen diferencias significativas entre la prueba de estrés en frío con la prueba de envejecimiento acelerado, pero sí reportan diferencias significativas con la prueba testigo. La longitud radicular promedio con la prueba testigo es 12,05% mayor que lo reportado por la prueba de envejecimiento acelerado, y 16,93% mayor que lo registrado por la prueba de estrés en frío.

Tabla 16. Prueba de análisis Tukey para la longitud radicular de plántulas, para el factor B

Pruebas de estrés	Longitud radicular promedio (cm)	Sig.
Testigo	20,91	a
Envejecimiento acelerado	18,39	b
En frío	17,37	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 17 detalla acerca del análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre la longitud radicular para cada tratamiento aplicado en la investigación. No existen diferencias significativas entre el primer grupo conformado por el T2 y T1, así como entre el segundo grupo conformado por el T4, T3, T5 y T6. Sin embargo, sí se reportan diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos.

Aunado a ello, García (2007) indica que, una planta de buena calidad, debe registrar un diámetro al cuello de raíz grande, bajo valor de esbeltez (cociente altura/diámetro al cuello de la raíz), un sistema radicular fibroso y un valor alto del cociente biomasa radicular/biomasa aérea.

La máxima longitud radicular de las plántulas de *S. macrophylla* se reportó con la prueba testigo (20,95 cm), siendo un valor superior a lo registrado por Díaz y Valdés (2020), quienes determinaron los efectos de tres extractos vegetales en plántulas obteniendo longitudes de raíces de 15,35 cm (*R. communis*), 16,68 cm (*S. torvum*), 13,85 cm (*S. mammosum*) y 14,25 cm (testigo). Del mismo modo, la máxima longitud radicular de las plántulas de *C. odorata* se registró con la prueba testigo (20,87 cm). Dichos valores de longitudes radiculares de ambas especies, en palabras de Vazallo et al. (2013) y Prieto et al. (2009), son indicadores que van a permitir sobrellevar eficientemente el trasplante y alcanzar una adaptación óptima, así como lograr una absorción de agua y nutrientes; prediciendo el éxito de la plantación.

Asimismo, obteniendo la relación longitud aérea con la longitud radicular de ambas especies, el valor resulta 1,1, estando dentro de lo mencionado por Prieto et al. (2003), sobre que la relación para favorecer altas tasas de supervivencia en los sitios de plantación sin limitantes ambientales debe ser 1:1.

Tabla 17. Prueba de análisis Tukey para la longitud radicular de plántulas, por tratamientos

Tratamientos	Longitud radicular promedio (cm)	Sig.
1	20,95	a
2	20,87	a
6	18,49	b
5	18,30	b
3	17,95	b
4	16,79	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 18 y la Figura 12 destacan los resultados descriptivos estadísticos obtenidos sobre la longitud radicular promedio por cada factor. En la especie *S. macrophylla* (caoba), el testigo reportó mejores promedios de longitud radicular, secundado por la prueba de envejecimiento acelerado y seguido por la prueba de estrés en frío. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), el testigo reportó mejores promedios de longitud radicular, secundado por la prueba de envejecimiento acelerado y seguido por la prueba de

estrés en frío. Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *S. macrophylla* (caoba) reportó 1,84% más longitud radicular que *C. odorata* (cedro colorado).

Tabla 18. Descriptivos de la longitud radicular de plántulas

Especie forestal	Pruebas de estrés	Longitud radicular promedio (cm)	Desviación típica
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	20,95	0,79
	En frío	17,95	1,23
	Envejecimiento acelerado	18,30	0,55
	Promedio	19,07	
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	20,87	1,21
	En frío	16,79	0,26
	Envejecimiento acelerado	18,49	0,90
	Promedio	18,72	

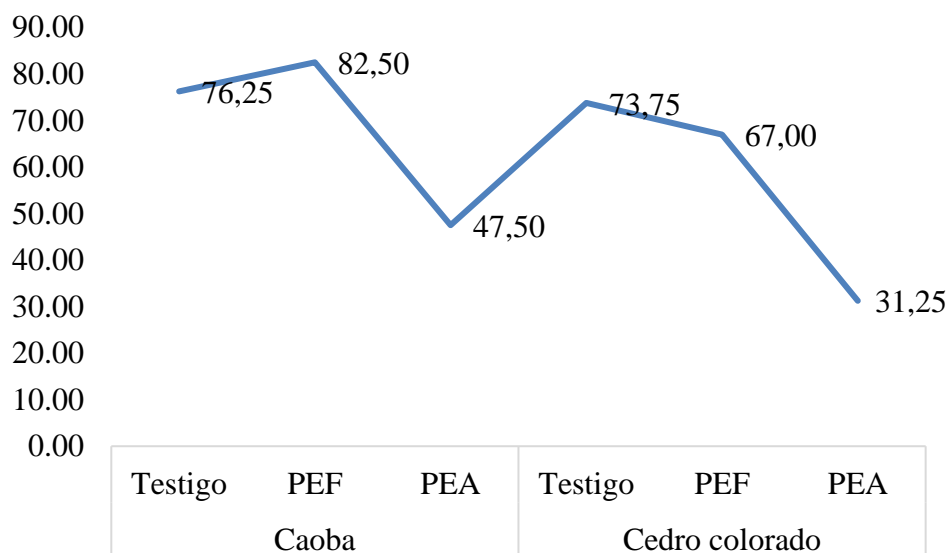


Figura 12. Longitud radicular promedio de plántulas (%) por tratamiento.

4.3.2. Crecimiento diametral

La Tabla 33 del Anexo se indica que, en relación al diámetro de las plántulas, entre especies forestales (Factor A) existen diferencias significativas en tres de las

cuatro evaluaciones realizadas (excepto la tercera evaluación), dado que el valor “F. Tab.” es menor a “ α ” ($p < 0,05$). También se muestra que entre pruebas de estrés (Factor B) existen diferencias significativas en las cuatro evaluaciones realizadas. Además, en lo que concierne a la interacción (Factor A x Factor B) se detalla que entre los tratamientos existen diferencias significativas en las cuatro evaluaciones realizadas.

Asimismo, los datos de normalidad correspondiente ($p > 0,05$), resultó ser 0,996 para *S. macrophylla* (caoba) y 0,251 para *C. odorata* (cedro colorado) (ver Tabla 34 del Anexo), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis Tukey.

La Tabla 19 muestra el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre el diámetro de las plántulas, determinando que no existen diferencias significativas entre la prueba de estrés en frío con la prueba testigo, pero sí reportan diferencias significativas con la prueba de envejecimiento acelerado. El diámetro al cuello de la raíz promedio con la prueba de envejecimiento acelerado es 4,05% mayor que lo reportado por la prueba testigo, y 5,98% mayor que lo registrado por la prueba de estrés en frío.

Tabla 19. Prueba de análisis Tukey para el diámetro de las plántulas, para el factor B

Pruebas de estrés	Diámetro al cuello de la raíz promedio a los 120 días de sembrado (mm)	Sig.
Envejecimiento acelerado	5,18	a
Testigo	4,97	ab
En frío	4,87	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 20 detalla acerca del análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre diámetro promedio de las plántulas para cada tratamiento aplicado en la investigación. El T1 con el T6 reportan diferencias estadísticas significativas. Se conformaron tres grupos, siendo el primer grupo compuesto por el T1, T3, T4 y T5; el segundo grupo conformado por el T3, T4, T5 y T2; y el tercer grupo conformado por el T2 y T6.

Los máximos diámetros de plántulas se reportaron con el T6 (prueba de estrés de envejecimiento acelerado de semillas de *C. odorata*) y con el T2 (prueba testigo de semillas de *C. odorata*).

A 120 días de la siembra, las plántulas de *S. macrophylla* reportaron el máximo promedio de diámetro con el T6 (sometidas a las pruebas de estrés de envejecimiento acelerado) con 5,34 mm, encontrándose dentro del rango determinado por Niembro et al. (2006), que en su investigación determinó rangos de los diámetros de los tallos se encontraron entre 0,8 y 5,8 mm. Sin embargo, los datos son superiores a lo registrado por Ramírez (2013), que en su investigación determinó con su mejor tratamiento un diámetro de 1,63 mm.

Con la prueba de estrés en frío se reportó un incremento diario de diámetro al cuello de la raíz de plántulas de *S. macrophylla* de 0,029 mm, resultado que es similar a lo determinado por Díaz y Valdés (2020), quienes tras evaluar los efectos de tres extractos vegetales en plántulas de dicha especie reportaron incrementos de diámetro al cuello de la raíz por día de 0,033 mm (*R. communis*), 0,023 mm (*S. torvum*), 0,024 mm (*S. mammosum*) y 0,018 mm (testigo).

A 120 días de la siembra, el diámetro al cuello de la raíz de las plántulas de *C. odorata* fue 5,29 mm (prueba testigo), siendo superior a lo determinado por López (2015), que con su mejor tratamiento obtuvo 1,90 mm de diámetro al cuello de la raíz a los 180 días después de la siembra. Además, al comparar los datos de diámetro al cuello de la raíz a los 60 días de evaluación (3,261 mm con la prueba de envejecimiento acelerado, 3,013 mm con la prueba de estrés en frío y 3,006 mm con la prueba testigo), se afirma que son superiores a los datos reportados por Guigues (2019), que en su investigación determinó que a los dos meses de evaluación (60 días desde la siembra), con su mejor tratamiento reportó 2,773 mm de diámetro al cuello de la raíz.

Tabla 20. Prueba de análisis Tukey para el diámetro de las plántulas, por tratamientos

Tratamientos	Diámetro al cuello de la raíz promedio a los 120 días de sembrado (mm)	Sig.
6	5,34	a
2	5,29	ab
5	5,02	abc
4	4,91	abc
3	4,84	bc
1	4,64	c

Letras diferentes reportan diferencias significativas.

La Tabla 21 y la Figura 13 destacan los resultados descriptivos estadísticos obtenidos sobre el diámetro promedio por cada factor. En la especie *S. macrophylla* (caoba), la prueba de envejecimiento acelerado reportó mejores promedios de diámetro, secundado por la prueba de estrés en frío y seguido por la prueba testigo. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), la prueba de envejecimiento acelerado reportó mejores promedios de diámetro, secundado por la prueba testigo y seguido por la prueba en frío. Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *C. odorata* (cedro colorado) reportó 6,76% más diámetro que *S. macrophylla* (caoba).

Tabla 21. Descriptivos del diámetro promedio de plántulas a los 120 días de sembrado

Especie forestal	Pruebas de estrés	Diámetro al cuello de la raíz promedio (mm)	Desviación típica
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	4,64	0,16
	En frío	4,84	0,12
	Envejecimiento acelerado	5,02	0,16
	Promedio	4,83	
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	5,29	0,38
	En frío	4,91	0,15
	Envejecimiento acelerado	5,34	0,13
	Promedio	5,18	

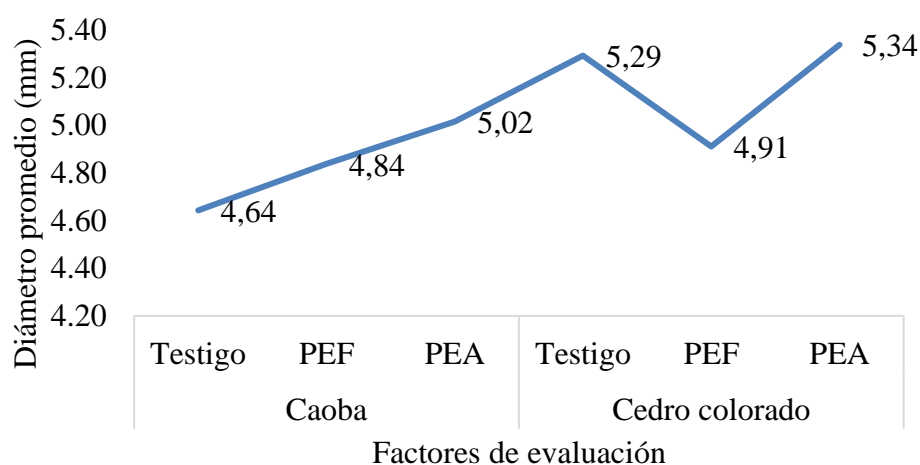


Figura 13. Diámetro promedio de plántulas (%) por tratamiento.

4.3.3. Producción de masa seca

La Tabla 35 del Anexo indica que, en relación a la producción de masa seca (aérea y radicular), entre las especies forestales (Factor A) existen diferencias significativas, dado que el valor “F. Tab.” es menor a “ α ” ($p < 0,05$). También se muestra que entre las pruebas de estrés (Factor B) existen diferencias significativas. Además, en lo que concierne a la interacción (Factor A x Factor B) se detalla que entre los tratamientos existen diferencias significativas.

Asimismo, los datos de normalidad correspondiente ($p > 0,05$) para biomasa seca aérea, resultó ser 0,192 para *S. macrophylla* (caoba) y 0,106 para *C. odorata* (cedro colorado); así como también, para biomasa seca radicular, resultó ser 0,714 para *S. macrophylla* (caoba) y 0,519 para *C. odorata* (cedro colorado) (ver Tabla 36 del Anexo), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis Tukey.

La Tabla 22 muestra el análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre biomasa seca aérea y radicular, determinando que no existen diferencias significativas entre la prueba de estrés en frío con la prueba de envejecimiento acelerado, pero sí reportan diferencias significativas con la prueba testigo. La biomasa seca aérea y radicular promedio con la prueba testigo fue superior a las pruebas de estrés evaluadas.

Tabla 22. Prueba de análisis Tukey para la producción de masa seca, para el factor B

Pruebas de estrés	BSA promedio (g)	Sig.	BSR promedio (g)	Sig.
Testigo	5,09	a	1,34	a
En frío	4,51	b	1,17	b
Envejecimiento acelerado	4.48	b	1.25	b

Letras diferentes reportan diferencias significativas. BSA: Biomasa seca aérea. BSR: Biomasa seca radicular.

La Tabla 23 detalla acerca del análisis Tukey aplicado a los datos obtenidos sobre biomasa seca aérea y radicular para cada tratamiento aplicado en la investigación. No existen diferencias significativas entre el T2 con el primer grupo conformado por el T3, T5 y T1, y con el segundo grupo conformado por el T4 y T6.

La máxima biomasa seca aérea reportada para *S. macrophylla* sucedió con el T1 (prueba testigo) con 2,26 g; mientras que la máxima biomasa seca radicular reportada sucedió con el T5 (sometidas a pruebas de estrés de envejecimiento acelerado) con 0,62 g. Las relaciones entre ambas biomásas y ambos tratamientos fue 3,6 para el T1 y 3,5 para el T5. Por otro lado, la máxima biomasa seca aérea y radicular registrada para *C. odorata* sucedió con el T2 (prueba testigo) con 7,92 y 2,07 g respectivamente. Las relaciones entre ambas biomásas fue 3,7.

Los datos de las relaciones entre biomasa seca aérea con la biomasa seca radicular para ambas especies forestales reportan un alto valor del cociente, indicando buena calidad de la planta en palabras de García (2007), debido a que, para una buena calidad de plantas, debe registrar un diámetro al cuello de raíz grande, bajo valor de esbeltez (cociente altura/diámetro al cuello de la raíz), un sistema radicular fibroso y un valor alto del cociente biomasa radicular/biomasa aérea. De acuerdo con Rodríguez (2008), las plantas reflejan un buen desarrollo en el vivero, ya que, si el valor es mayor a uno, la biomasa aérea es superior que la radicular. Sin embargo, con lo mencionado por Thompson (1985), los valores obtenidos son superiores al rango establecido por el autor, el cual varía entre 1,5 y 2,5.

Tabla 23. Prueba de análisis Tukey para producción de masa seca, por tratamientos

Tratamientos	BSA promedio (g)	Sig.	Tratamientos	BSR promedio (g)	Sig.
2	7,92	a	2	2,07	a
4	6,88	b	6	1,88	b
6	6,78	b	4	1,72	b
1	2,26	c	5	0,62	c
5	2,18	c	3	0,62	c
3	2,14	c	1	0,61	c

Letras diferentes reportan diferencias significativas. BSA: Biomasa seca aérea. BSR: Biomasa seca radicular.

La Tabla 24 y la Figura 14 destacan que en la especie *S. macrophylla* (caoba), la prueba testigo reportó mejores promedios de biomasa seca aérea, secundado por la de envejecimiento acelerado y seguido por la prueba de estrés en frío. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), la prueba testigo reportó mejores promedios de biomasa seca

aérea, secundado por la prueba en frío y seguido por la prueba de envejecimiento acelerado. Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *C. odorata* (cedro colorado) reportó 69,58% más biomasa seca aérea que *S. macrophylla* (caoba).

Tabla 24. Descriptivos de la biomasa seca aérea

Especie forestal	Pruebas de estrés	Biomasa seca aérea promedio (g)	Desviación típica
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	2,26	0,12
	En frío	2,14	0,12
	Envejecimiento acelerado	2,18	0,12
	Promedio	2,19	
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	7,92	0,72
	En frío	6,88	0,18
	Envejecimiento acelerado	6,78	0,54
	Promedio	7,20	

Fuente: Elaboración propia

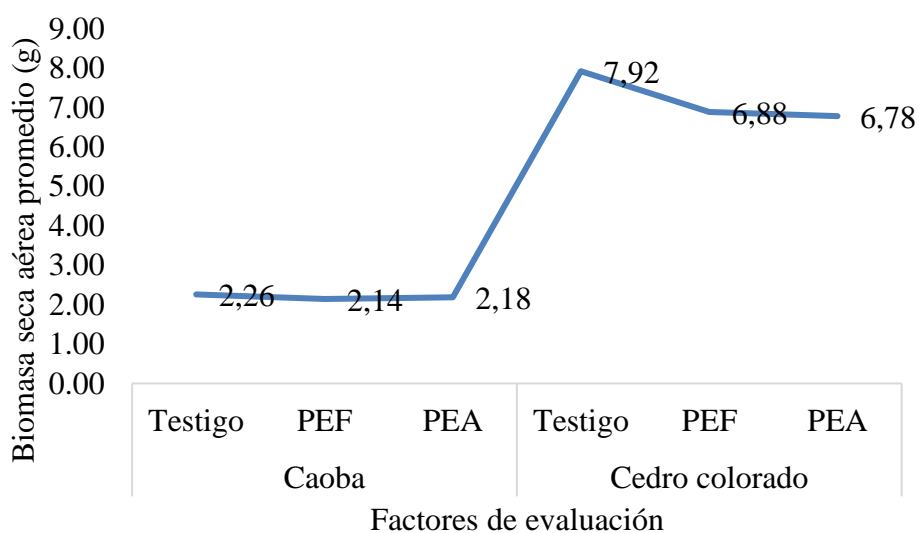


Figura 14. Biomasa seca aérea promedio (g) por tratamiento.

La Tabla 25 y la Figura 15 destacan que en la especie *S. macrophylla* (caoba), la prueba de envejecimiento acelerado y la prueba de estrés en frío reportaron los mejores

promedios de biomasa seca radicular, seguido por la prueba testigo. Con respecto a la especie *C. odorata* (cedro colorado), la prueba testigo reportó mejores promedios de biomasa seca radicular, secundado por la prueba de envejecimiento acelerado y seguido por la prueba en frío. Cabe recalcar que, entre las dos especies evaluadas, *C. odorata* (cedro colorado) reportó 67,19% más biomasa seca radicular que *S. macrophylla* (caoba).

Tabla 25. Descriptivos de la biomasa seca radicular

Especie forestal	Pruebas de estrés	Biomasa seca radicular promedio (g)	Desviación típica
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	Testigo	0,61	0,03
	En frío	0,62	0,05
	Envejecimiento acelerado	0,62	0,04
	Promedio	0,62	
<i>Cedrela odorata</i> (cedro colorado)	Testigo	2,07	0,11
	En frío	1,72	0,04
	Envejecimiento acelerado	1,88	0,09
	Promedio	1,89	

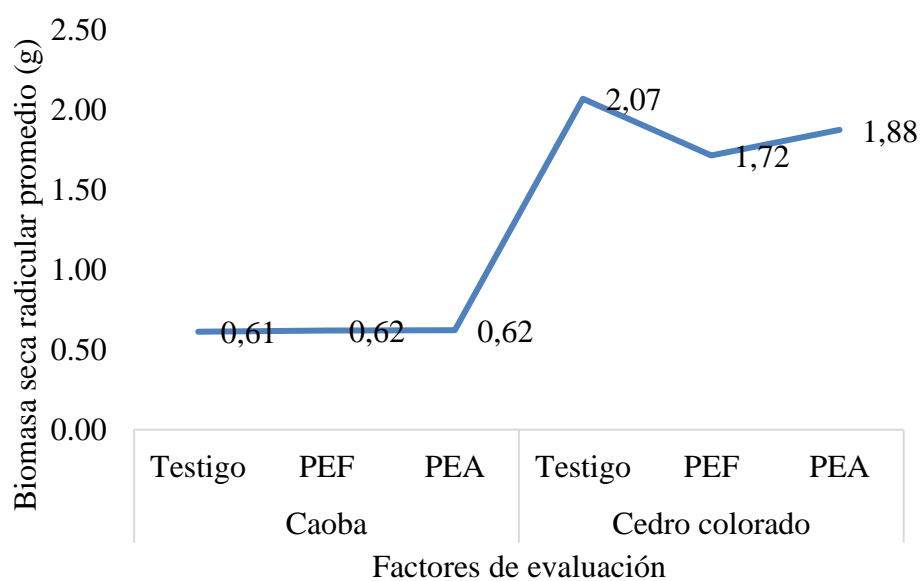


Figura 15. Biomasa seca radicular promedio (g) por tratamiento.

V. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de investigación el T2 semillas testigo de *C. odorata L.* y el T3 semillas de *S. macrophylla* sometidas a pruebas de estrés en frío reportaron mayor porcentaje de germinación. Así mismo el T5 semillas de *S. macrophylla* y T6 semillas de *C. odorata L.* sometidas a envejecimiento acelerado reportaron mayor porcentaje de energía germinativa.
- El T3 semillas de *S. macrophylla* sometidas a pruebas de estrés en frío y el T2 semillas testigo de *C. odorata L.* reportaron mayor porcentaje de supervivencia en cuanto a los demás.
- La longitud aérea y radicular reportaron mayor incremento con los tratamientos testigos, T1 semillas de *S. macrophylla* y T2 semillas de *C. odorata L.* En cuanto al crecimiento diametral el T5 semillas de *S. macrophylla* T6 semillas de *C. odorata* sometidas a envejecimiento acelerado se reportó mejores promedios. En cuanto a la biomasa seca aérea y radicular para la especie *S. macrophylla* el T1 (testigo BSA), T3 (prueba de estrés en frío BSR) y T5 (envejecimiento acelerado BSR) se reportó mejores promedios y para la especie *C. odorata* el T2 (testigo BSA y BSR) reportaron mejores promedios de biomasa.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Evaluación de crecimiento de plántulas de *Swietenia macrophylla* King. (caoba) y *Cedrela odorata* (cedro colorado) en diversos sustratos.
- Utilizar semillas recién cosechadas y certificadas para las futuras investigaciones con referencia a las pruebas de estrés en el vigor de las semillas.
- Realizar trabajos similares, teniendo en cuenta diferentes especies forestales y diferentes niveles altitudinales, para garantizar la producción de plántas de alta calidad.
- Propiciar e incentivar la continuidad de investigaciones en esta línea, experimentando en distintas especies forestales de la zona.

VII. REFERENCIAS

- Angiosperm Phylogeny Group (APG). (2009). Website originally developed. (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>).
- Barros, W. M. (2003). Pruebas de Vigor en Semillas de Lechuga y su Correlación con Emergencia, artículo de investigación, Pontificia Universidad Católica de Chile Casilla 306-22, Santiago, Chile.
- Barrena, V. y Vargas, C. (2004). La caoba en el Perú, Informe de la Autoridad Científica CITES. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Contreras, S. y Barros. M. (2003). Pruebas de vigor en semillas de lechuga y su correlación con emergencia. Departamento de Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Vol. 32 N° 1. <http://www.rcia.puc.cl/Espanol/pdf/32-1/pruebas.pdf>, Documentos.
- Craviotto, R. y Arango, M. (2004). Sin semilla de calidad ningún sistema es sustentable. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, artículo de investigación. Estación Experimental Oliveros. Santa Fe, Argentina. 5 p.
- Díaz, P. & Valdés, O. A. (2020). Crecimiento de plántulas de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en respuesta a extractos vegetales. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). https://www.researchgate.net/publication/348067072_CRECIMIENTO_DE_PLANTULAS_DE_CAOBA_Swietenia_macrophylla_King_EN_RESPUESTA_A_EXTRACTOS_VEGETALES
- FAO. (1979). Legislación de semillas (en línea). Consultado 04 de junio 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/ak453S/ak453S.pdf>
- Fontana, M. L., Ramón, V. P. y Luna, C. V. (2016). Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas. Fave, Sección Ciencias Agrarias, 15(1), 37–50.

- García, M. D. (2007). Importancia de la calidad del plantín forestal, XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Guigues, A. A. (2019). Evaluación de crecimiento de plántulas de *Cedrela odorata* y *Grevillea robusta* en diferentes sustratos durante su fase de propagación, Lima, Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2019 (Tesis de Pregrado en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina) <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3897/guiges-atoche-antonio-alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hartmann, H. y Kester, D. (1995). Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad AM Ambrosio. 4º reimpresión. Méx, Continental. 760 p.
- Hidalgo, J. L. (2008). Efecto de la luz roja sobre la germinación de semillas de *Swietenia macrophylla* G. King. “caoba” y *Calycophyllum spruceanum* (Bentham) Hooker f. ex Schuman “capirona”, Facultad de Recursos Naturales Renovables, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2008 (Tesis de Pregrado en Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva) https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAS_4811662a0231ef6517de822e07c57610
- Hoyos, J. (1985). Flora emblemática de Venezuela. Caracas, Venezuela. Ed. Larense SA. 213 p.
- ISTA. (2002). Reglas Internacionales para ensayos de semillas. Madrid, España. 280 p.
- López, M. (2015). Crecimiento inicial y sobrevivencia de plántulas de *Cedrela odorata* “cedro” en diferentes sustratos, producidas en el vivero forestal de Quistococha – GOREL, Loreto, Perú, Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (Tesis de Pregrado en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana) https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4288/Moises_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Mostacero, J. y Mejía, F. (2002). Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Lima, Perú, Normas Legales S.A.C. 667 p.
- Navarro, W. (1999). Morfología, biomasa y contenido nutrimental en *Abies religiosa* con regímenes diferentes de fertilización en vivero. *Agrociencia*, 47(7):707-721.
- Niembro, A., Márquez, J. & Ramírez, E. O. (2006). Emergencia y crecimiento inicial de plántulas de 20 familias de caoba (*Swietenia macrophylla* King – Meliaceae) procedentes de una plantación en el Estado de Campeche, México. *Forestal Veracruzana* 8(2): 33-38. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49780206>
- Pennington, D. (2002). Meliaceae. *Mon. Flora Neotrópica* 28:1-470.
- Peretti, A. (1994). Manual Para Análisis de Semillas. Editorial hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. 262 p.
- Pérez, J., Mesén, F., Hilje, L. y Aguilar, M. (2002). Desarrollo de un método de micropropagación aplicable a genotipos selectos de *Cedrela odorata* L. y optimización de la fase de multiplicación. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*, continuación de la *Revista Forestal Centroamericana* N° 38. Costa Rica. 5 p.
- Perry, D. (1981). *Handbook of Vigour Test Methods*. Zurich, Switzerland. p. 45.
- Poulsen, K. (1993). Análisis de semillas. International Seed Testing Association-ISTA. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note c-8. 35 p.
- Prieto, R. J. A., García, R. J. L., Mejía, B. J. M., Huchín, A. S. & Aguilar, V. J. L. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. *Publicación Especial Núm. 28*. Durango: Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango.
- Prieto R., J. A., Vera, G. C. & Merlín, E. B. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAPSAGARPA. Durango, Dgo., México Folleto Técnico Núm. 12.

- Quirós, W. y Carrillo, O. (2001). La importancia del insumo semilla de buena calidad. Oficina Nacional de Semillas. (<http://www.ofinase.go.cr/publicaciones/CALIDAD.doc>. Documentos 29 oct. 2006).
- Ramírez, E. M. (2013). Crecimiento y sobrevivencia de plántulas de “caoba” *Swietenia macrophylla* en diferentes sustratos, vivero forestal de Quistocoha – Gorel, Loreto, Perú, Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (Tesis de Pregrado en Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana) <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2464/Crecimiento%20y%20sobrevivencia%20de%20pl%C3%A1ntulas%20de%20caoba%20Swietenia%20macrophylla%20en%20diferentes%20sustratos%20vivero%20forestal%20de%20Quistocoha-%20Gorel%20Loreto%20Per%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, G., Márquez, J. y Rebolledo, V. (2007). Determinación del potencial y eficiencia de producción de semillas en *Cedrela odorata* L. y su relación con caracteres morfométricos de frutos. Veracruz, México. *Rev. For. Ver.* 3(1):23- 26.
- Rodríguez, T. D. A. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Strasburger, E. (2004). Tratado de botánica. 35 ed. Barcelona, España. Omega S.A. 627 p.
- Thompson, B. (1985). Seeding morphological evaluation. What can you tell by looking. In: Durges, M. L. (ed.). Evaluating seeding quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. pp. 59-71.
- Torres, J. J., Medina, H. H. y Martínez, M. (2018). Germinación y crecimiento inicial de *Cedrela odorata* L. (Sapindales: Meliaceae), empleando semillas silvestres en el departamento del Chocó, Colombia. *Rev. Biodivers.* 8(1), 22-8. <http://dx.doi.org/10.18636/bioneotropical.v8i1.741>

- Universidad Nacional Agraria de la Molina (UNALM). (2004). (<http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin12>. publicado el 29 oct. 2006).
- Valle, E. (1994). Estudio preliminar de la caoba (*Swietenia macrophylla* G. King) en la zona de Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 25 p.
- Vazallo, S. N., Ramírez, L. T., Carranza, L. T., García, B. Z. & Bernilla, B. S. (2013). Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. longum. Revista Rebiolest. 1(1):11-21.
- Vázquez-Yanes, C., Batis, A. I., Alcocer, M. I., Gual, M. & Sánchez, C. (1999). Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO – Instituto de Ecología, UNAM. 36-MELIA2M.PDF (conabio.gob.mx)

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 16. Semillas aptas para germinar.



Figura 17. Selección de semillas de *C. odorata* (cedro colorado).



Figura 18. Selección de semillas de *S. macrophylla* (caoba).



Figura 19. Vivero forestal del caserío San Isidro.



Figura 20. Bolsas llenas con sustrato.



Figura 21. Germinación de una semilla de caoba.



Figura 22. Plántula de cedro colorado.



Figura 23. Plántulas deformadas.

Pruebas de envejecimiento acelerado

1) **Con calor húmedo (EACH) (6):** se sometieron las semillas a una temperatura de $45\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa del 100 % por un lapso de 48 hs. Para ello se utilizaron frascos de vidrio conteniendo 100 mL de agua destilada y una malla de tul por encima del nivel del agua como medio de soporte de las semillas. 2) **Con solución saturada (EASS):** Se empleó el mismo procedimiento anteriormente descrito, excepto que en cada frasco se agregaron 40 g de NaCl; el tiempo de permanencia en las condiciones mencionadas fue de 48 hs. 3) **Con calor seco (EACS):** las semillas se sometieron a calor seco en estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 0 % de humedad relativa por 48 hs. Los efectos de los diferentes tratamientos de EA se contrastaron con un testigo no envejecido sometido a escarificado mecánico consistente en lijado manual con lija N° 180 seguido de imbibición en agua a temperatura ambiente por 24 hs., tratamiento pre-germinativo superior determinado en ensayos anteriores (8). Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una.

Figura 24. Metodología propuesta por Fontana et al. (2016).

INFORMACIÓN BÁSICA DE LA SEMILLA

NOMBRE CIENTIFICO: <i>Swiecenia macrophylla</i>	NOMBRE COMÚN: CAOBA
FECHA DE COLECCIÓN: SETIEMBRE 2022	PROCEDENCIA: TINGO MARIA
REGION: HUANUCO	NUMERO DE SEMILLAS APROX.: 1500/ KG
% DE GERMINACIÓN: MIN. 75%	PESO: 0.5 Kg
PUREZA: 95%	ESTADO DE CONSERVACIÓN: 8°- 10° C

DEVOLUCIÓN SOLO SE ACEPTARÁ LA DEVOLUCION HASTA 7 DÍAS CALENDARIO DESPUES DE HABER RECEPCIONADO LA SEMILLA SIEMPRE Y CUANDO NO HAYA SIDO ALTERADO NI DETERIORADO EL EMPACADO.

CONDICIONES DE GERMINACIÓN:

SUBSTRATO: FRANCO ARENOSO	
TEMPERATURA: ZONA TROPICAL	
LUZ: 50% HUMEDAD: 75%	

TRATAMIENTO PRE GERMINATIVO: MANTENER HÚMEDO LAS SEMILLAS EN LAS BOLSAS DE GERMINACIÓN, GERMINA A PARTIR DE 20 DÍAS DE SEMBRADO

TRATAMIENTO FITO—SANITARIO: DESINFECCIÓN SUSTRATO CON RIDOMIL O DEROSAL.

Const. Declaración N° 008—2010—INIA— SEDE CENTRAL
Registro de Productor N° 067— 2010— INIA

Jr. Lamas N° 745 Tingo María – Huánuco
Telf: 062-561453 / Móvil: 985049323
Email: semifor.eirl@gmail.com
Facebook: SEMIFOR EIRL
WEB: www.semiforeirl.com



Figura 25. Información básica de las semillas.

Anexo 2. Tablas de evaluación

Tabla 26. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para el poder germinativo de semillas

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Especie forestal	1	459,38	459,38	7,31	0,015
Prueba de estrés	2	8 108,33	4 054,17	64,51	0,000
Interacción	2	475,00	237,50	3,78	0,043
Error	18	1 131,25	62,85		
Total	23	10 173,96			

Tabla 27. Prueba de normalidad de los datos del poder germinativo de semillas

Pruebas de normalidad						
Especie	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PG Caoba	,259	12	,025	,876	12	,078
Cedro colorado	,166	12	,200 [*]	,887	12	,107

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 28. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la supervivencia de las plántulas

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Especie forestal	1	759,38	759,38	13,25	0,002
Prueba de estrés	2	6 768,75	3 384,38	59,07	0,000
Interacción	2	231,25	115,63	2,02	0,162
Error	18	1 031,25	57,29		
Total	23	8 790,63			

Tabla 29. Prueba de normalidad de los datos de la supervivencia de las plántulas

Pruebas de normalidad						
Especie	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Supervivencia Caoba	,197	12	,200 [*]	,882	12	,094
Cedro colorado	,214	12	,134	,866	12	,058

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 30. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de la longitud aérea (cm) de las plántulas

Fuente de variación	G. L.	Longitud aérea (cm) de las plántulas			
		30 dds	60 dds	90 dds	120 dds
Especie forestal	1	42,056*	8,449*	1,586NS	6,396*
Prueba de estrés.	2	6,97*	23,907*	39,812*	43,442*
Interacción	2	9,639*	5,149*	0,862NS	2,758*
Error	18	0,464	0,434	0,551	0,517
Total	23				

*Significativo. NS: No significativo. dds: días desde la siembra.

Tabla 31. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para la longitud radicular (cm) de las plántulas

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Especie forestal	1	0,74	0,74	0,93	0,347
Prueba de estrés	2	53,07	26,53	33,39	0,000
Interacción	2	2,04	1,02	1,28	0,301
Error	18	14,30	0,79		
Total	23	70,15			

Tabla 32. Prueba de normalidad de los datos de longitud aérea y radicular de las plántulas

Pruebas de normalidad						
Especie	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
LA4						
Caoba	,214	12	,134	,888	12	,111
Cedro colorado	,222	12	,107	,864	12	,055
LR						
Caoba	,149	12	,200*	,958	12	,760
Cedro colorado	,189	12	,200*	,926	12	,340

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 33. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) del diámetro (mm) de las plántulas

Fuente de variación	G. L.	Diámetro (mm) de las plántulas			
		30 dds	60 dds	90 dds	120 dds
Especie forestal	1	0,358*	0,125NS	1,739*	0,728*
Prueba de estrés.	2	0,129*	0,555*	0,727*	0,192*
Interacción	2	0,259*	0,162*	0,313*	0,168*
Error	18	0,011	0,032	0,032	0,041
Total	23				

*Significativo. NS: No significativo. dds: días desde la siembra.

Tabla 34. Prueba de normalidad de los datos del diámetro del cuello de la raíz

Especie		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diam4	Caoba	,139	12	,200 [*]	,985	12	,996
	Cedro colorado	,156	12	,200 [*]	,916	12	,251

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 35. Análisis de varianza ($\alpha=0,05$) de la producción de masa seca (g)

Fuente de variación	G. L.	Masa seca (g)	
		Aérea	Radicular
Especie forestal	1	150,05*	9,652*
Prueba de estrés	2	0,934*	0,061*
Interacción	2	0,667*	0,066*
Error	18	0,146	0,004
Total	23		

*Significativo. NS: No significativo.

Tabla 36. Prueba de normalidad de los datos de biomasa seca aérea y biomasa seca radicular

Especie		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
BSA	Caoba	,189	12	,200 [*]	,906	12	,192
	Cedro colorado	,275	12	,013	,886	12	,106
BSR	Caoba	,135	12	,200 [*]	,955	12	,714
	Cedro colorado	,171	12	,200 [*]	,942	12	,519

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 37. Análisis de germinación del T1 (semillas de caoba no sometidas a pruebas de estrés)

Fecha	Días desde la siembra	TD	TA	Tat (%)	PG	TD (%)	TA (%)
25/9/2022	1						
26/9/2022	2						
27/9/2022	3						
28/9/2022	4						
29/9/2022	5						
30/9/2022	6						
1/10/2022	7						
2/10/2022	8						
3/10/2022	9						
4/10/2022	10						
5/10/2022	11						
6/10/2022	12						
7/10/2022	13						
8/10/2022	14						
9/10/2022	15						
10/10/2022	16						
11/10/2022	17						
12/10/2022	18						
13/10/2022	19						
14/10/2022	20						
15/10/2022	21						
16/10/2022	22						
17/10/2022	23						
18/10/2022	24						
19/10/2022	25						
20/10/2022	26						
21/10/2022	27						
22/10/2022	28						
23/10/2022	29						
24/10/2022	30						
25/10/2022	31	1	1	1,25	0,04	1,56	1,56
26/10/2022	32	1	2	2,50	0,08	1,56	3,13
27/10/2022	33	3	5	6,25	0,19	4,69	7,81
28/10/2022	34	5	10	12,50	0,37	7,81	15,63
29/10/2022	35	7	17	21,25	0,61	10,94	26,56
30/10/2022	36	9	26	32,50	0,90	14,06	40,63
31/10/2022	37	11	37	46,25	1,25	17,19	57,81
1/11/2022	38	12	49	61,25	1,61	18,75	76,56
2/11/2022	39	7	56	70,00	1,79	10,94	87,50

3/11/2022	40	5	61	76,25	1,91	7,81	95,31
4/11/2022	41	2	63	78,75	1,92	3,13	98,44
5/11/2022	42	1	64	80,00	1,90	1,56	100,00
6/11/2022	43		64	80,00	1,86		100,00
7/11/2022	44		64	80,00	1,82		100,00
8/11/2022	45		64	80,00	1,78		100,00

Tabla 38. Análisis de germinación del T2 (semillas de cedro no sometidas a pruebas de estrés)

Fecha	Días desde la siembra	TD	TA	Tat (%)	PG	TD (%)	TA (%)
25/9/2022	1						
26/9/2022	2						
27/9/2022	3						
28/9/2022	4						
29/9/2022	5						
30/9/2022	6						
1/10/2022	7						
2/10/2022	8						
3/10/2022	9						
4/10/2022	10						
5/10/2022	11						
6/10/2022	12						
7/10/2022	13						
8/10/2022	14						
9/10/2022	15	1	1	1,25	0,08	1,54	1,54
10/10/2022	16	2	3	3,75	0,23	3,08	4,62
11/10/2022	17	3	6	7,50	0,44	4,62	9,23
12/10/2022	18	3	9	11,25	0,63	4,62	13,85
13/10/2022	19	4	13	16,25	0,86	6,15	20,00
14/10/2022	20	6	19	23,75	1,19	9,23	29,23
15/10/2022	21	9	28	35,00	1,67	13,85	43,08
16/10/2022	22	11	39	48,75	2,22	16,92	60,00
17/10/2022	23	7	46	57,50	2,50	10,77	70,77
18/10/2022	24	6	52	65,00	2,71	9,23	80,00
19/10/2022	25	4	56	70,00	2,80	6,15	86,15
20/10/2022	26	4	60	75,00	2,88	6,15	92,31
21/10/2022	27	3	63	78,75	2,92	4,62	96,92
22/10/2022	28	1	64	80,00	2,86	1,54	98,46
23/10/2022	29	1	65	81,25	2,80	1,54	100,00
24/10/2022	30		65	81,25	2,71		100,00
25/10/2022	31		65	81,25	2,62		100,00
26/10/2022	32		65	81,25	2,54		100,00

Tabla 39. Análisis de germinación del T3 (semillas de caoba sometidas a estrés de frío)

Fecha	Días desde la siembra	TD	TA	Tat (%)	PG	TD (%)	TA (%)
25/9/2022	1						
26/9/2022	2						
27/9/2022	3						
28/9/2022	4						
29/9/2022	5						
30/9/2022	6						
1/10/2022	7						
2/10/2022	8						
3/10/2022	9						
4/10/2022	10						
5/10/2022	11						
6/10/2022	12						
7/10/2022	13						
8/10/2022	14						
9/10/2022	15						
10/10/2022	16						
11/10/2022	17						
12/10/2022	18						
13/10/2022	19						
14/10/2022	20						
15/10/2022	21						
16/10/2022	22						
17/10/2022	23						
18/10/2022	24						
19/10/2022	25						
20/10/2022	26						
21/10/2022	27						
22/10/2022	28						
23/10/2022	29						
24/10/2022	30						
25/10/2022	31						
26/10/2022	32						
27/10/2022	33						
28/10/2022	34						
29/10/2022	35	3	3	3,75	0,11	4,48	4,48
30/10/2022	36	5	8	10,00	0,28	7,46	11,94
31/10/2022	37	8	16	20,00	0,54	11,94	23,88
1/11/2022	38	8	24	30,00	0,79	11,94	35,82
2/11/2022	39	13	37	46,25	1,19	19,40	55,22

3/11/2022	40	9	46	57,50	1,44	13,43	68,66
4/11/2022	41	8	54	67,50	1,65	11,94	80,60
5/11/2022	42	5	59	73,75	1,76	7,46	88,06
6/11/2022	43	2	61	76,25	1,77	2,99	91,04
7/11/2022	44	2	63	78,75	1,79	2,99	94,03
8/11/2022	45	2	65	81,25	1,81	2,99	97,01
9/11/2022	46	2	67	83,75	1,82	2,99	100,00
10/11/2022	47		67	83,75	1,78		100,00
11/11/2022	48		67	83,75	1,74		100,00
12/11/2022	49		67	83,75	1,71		100,00

Tabla 40. Análisis de germinación del T4 (semillas de cedro sometidas a estrés de frío)

Fecha	Días desde la siembra	TD	TA	Tat (%)	PG	TD (%)	TA (%)
25/9/2022	1						
26/9/2022	2						
27/9/2022	3						
28/9/2022	4						
29/9/2022	5						
30/9/2022	6						
1/10/2022	7						
2/10/2022	8						
3/10/2022	9						
4/10/2022	10						
5/10/2022	11						
6/10/2022	12						
7/10/2022	13						
8/10/2022	14						
9/10/2022	15						
10/10/2022	16						
11/10/2022	17						
12/10/2022	18						
13/10/2022	19						
14/10/2022	20						
15/10/2022	21						
16/10/2022	22						
17/10/2022	23						
18/10/2022	24	1	1	1,25	0,05	1,75	1,75
19/10/2022	25	3	4	5,00	0,20	5,26	7,02
20/10/2022	26	7	11	13,75	0,53	12,28	19,30
21/10/2022	27	7	18	22,50	0,83	12,28	31,58
22/10/2022	28	9	27	33,75	1,21	15,79	47,37
23/10/2022	29	11	38	47,50	1,64	19,30	66,67
24/10/2022	30	7	45	56,25	1,88	12,28	78,95
25/10/2022	31	3	48	60,00	1,94	5,26	84,21
26/10/2022	32	5	53	66,25	2,07	8,77	92,98
27/10/2022	33	2	55	68,75	2,08	3,51	96,49
28/10/2022	34	1	56	70,00	2,06	1,75	98,25
29/10/2022	35	1	57	71,25	2,04	1,75	100,00
30/10/2022	36		57	71,25	1,98		100,00
31/10/2022	37		57	71,25	1,93		100,00
1/11/2022	38		57	71,25	1,88		100,00

Tabla 41. Análisis de germinación del T5 (semillas de caoba sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado)

Fecha	Días desde la siembra	TD	TA	Tat (%)	PG	TD (%)	TA (%)
25/9/2022	1						
26/9/2022	2						
27/9/2022	3						
28/9/2022	4						
29/9/2022	5						
30/9/2022	6						
1/10/2022	7						
2/10/2022	8						
3/10/2022	9						
4/10/2022	10						
5/10/2022	11						
6/10/2022	12						
7/10/2022	13						
8/10/2022	14						
9/10/2022	15						
10/10/2022	16						
11/10/2022	17						
12/10/2022	18						
13/10/2022	19						
14/10/2022	20						
15/10/2022	21						
16/10/2022	22						
17/10/2022	23						
18/10/2022	24						
19/10/2022	25						
20/10/2022	26						
21/10/2022	27						
22/10/2022	28						
23/10/2022	29						
24/10/2022	30						
25/10/2022	31						
26/10/2022	32						
27/10/2022	33						
28/10/2022	34						
29/10/2022	35						
30/10/2022	36						
31/10/2022	37						
1/11/2022	38	2	2	2,50	0,07	5,13	5,13

2/11/2022	39	2	4	5,00	0,13	5,13	10,26
3/11/2022	40	4	8	10,00	0,25	10,26	20,51
4/11/2022	41	4	12	15,00	0,37	10,26	30,77
5/11/2022	42	6	18	22,50	0,54	15,38	46,15
6/11/2022	43	7	25	31,25	0,73	17,95	64,10
7/11/2022	44	9	34	42,50	0,97	23,08	87,18
8/11/2022	45	3	37	46,25	1,03	7,69	94,87
9/11/2022	46	1	38	47,50	1,03	2,56	97,44
10/11/2022	47	1	39	48,75	1,04	2,56	100,00
11/11/2022	48		39	48,75	1,02		100,00
12/11/2022	49		39	48,75	0,99		100,00
13/11/2022	50		39	48,75	0,98		100,00

Tabla 42. Análisis de germinación del T6 (semillas de cedro sometidas a pruebas de envejecimiento acelerado)

Fecha	Días desde la siembra	TD	TA	Tat (%)	PG	TD (%)	TA (%)
25/9/2022	1						
26/9/2022	2						
27/9/2022	3						
28/9/2022	4						
29/9/2022	5						
30/9/2022	6						
1/10/2022	7						
2/10/2022	8						
3/10/2022	9						
4/10/2022	10						
5/10/2022	11						
6/10/2022	12						
7/10/2022	13						
8/10/2022	14						
9/10/2022	15						
10/10/2022	16						
11/10/2022	17						
12/10/2022	18						
13/10/2022	19						
14/10/2022	20						
15/10/2022	21						
16/10/2022	22	1	1	1,25	0,06	3,85	3,85
17/10/2022	23	1	2	2,50	0,11	3,85	7,69
18/10/2022	24	2	4	5,00	0,21	7,69	15,38
19/10/2022	25	2	6	7,50	0,30	7,69	23,08
20/10/2022	26	3	9	11,25	0,43	11,54	34,62
21/10/2022	27	3	12	15,00	0,56	11,54	46,15
22/10/2022	28	4	16	20,00	0,71	15,38	61,54
23/10/2022	29	6	22	27,50	0,95	23,08	84,62
24/10/2022	30	2	24	30,00	1,00	7,69	92,31
25/10/2022	31	1	25	31,25	1,01	3,85	96,15
26/10/2022	32	1	26	32,50	1,02	3,85	100,00
27/10/2022	33		26	32,50	0,98		100,00
28/10/2022	34		26	32,50	0,96		100,00
29/10/2022	38		26	32,50	0,86		100,00