

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

**EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS
DE SHAN TONG (*Paulownia Fortunei x tomentosa*) BAJO CONDICIONES
DE INVERNADERO, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS
- APURÍMAC**

PRESENTADO POR:

Br. SABINO MELCHOR RODRIGUEZ

ALLCCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

DE INGENIERO AGROPECUARIO

ASESOR:

Dr. SALVADOR QUISPE CHIPANA

ANDAHUAYLAS - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** DR. SALVADOR QUISPE CHIPANA.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS EN LA
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE SHANTONG (Pavlovnia fortunei X
tomentosa) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, DISTRITO DE
SAN JERÓNIMO, ANDAHUAYLAS - APURÍMAC.....

Presentado por: SABINO MELCHOR RODRIGUEZ ALLCCA DNI N° 76443846.....;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGROPECUARIO.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2..... veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 09 de OCTUBRE..... de 20 25.....


.....
Firma

Post firma DR. SALVADOR QUISPE CHIPANA

Nro. de DNI 25788203.....

ORCID del Asesor 0009-0000-3718-370 X.....

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 272598510330192.....

SABINO MELCHOR RODRÍGUEZ ALLCCA

EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE SHAN TONG (Paulownia Fortunei ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:old::27259:510330192

91 páginas

Fecha de entrega

9 oct 2025, 8:15 a.m. GMT-5

16.839 palabras

94.915 caracteres

Fecha de descarga

9 oct 2025, 8:18 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE SHAN TON....pdf

Tamaño del archivo

2.6 MB

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que puedan distinguir de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

A mis padres quienes me dieron la vida; y me enseñaron a superarme, impulsándome a desear lo mejor en cada paso de este arduo y desafiante camino. Su ejemplo y su presencia han sido fundamentales para moldear a la persona que soy hoy.

A mis maestros y amigos; con quienes he compartido metas y sueños a lo largo de la vida. Cada uno de ustedes ha sido fuente de inspiración para alcanzar un mundo más justo y humano. Gracias por acompañarme en este recorrido y por enseñarme, con su apoyo y ejemplo, a convertirme en una mejor persona.

Sabino Melchor

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por su valioso aporte en mi desarrollo profesional.

Quiero expresar también a mi asesor principal, el Dr. Salvador Quispe Chipana por su orientación durante este proceso de investigación y al Mag. Sergio Medina Quispe, quien amablemente me facilitó su invernadero durante la investigación.

Finalmente, mi agradecimiento a mis compañeros del código 2018-1 que de manera muy especial contribuyeron al desarrollo de este trabajo, sus aportes han enriquecido significativamente cada paso de este proceso.

Sabino Melchor

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción.....	xii
Problema Objeto de Estudio.....	xiv
I. Objetivos y Justificación	1
1.1. Objetivo General	1
1.2. Objetivos Específicos	1
1.3. Justificación de la Investigación	1
II. Hipótesis.....	3
2.1. Hipótesis General	3
2.2. Hipótesis Específicas	3
Capítulo III. Marco Teórico y Conceptual	4
3.1. Antecedentes	4
3.1.1. Internacionales.....	4
3.1.2. Nacionales	7
3.1.3. Locales	8
3.2. Generalidades del Cultivo de Shan Tong (<i>Paulownia fortunei</i> x <i>tomentosa</i>).....	9
3.2.1. Clasificación Taxonómica del Shan Tong (<i>Paulownia fortunei</i> x <i>tomentosa</i>).....	9
3.3. Morfología de la Planta.....	10
3.3.1. Raíz	10
3.3.2. Semillas.....	11
3.3.3. Hojas	11
3.3.4. Flores	11
3.3.5. Frutos	12
3.4. Aspectos Agroclimáticos	12

3.4.1. Clima	12
3.4.2. Suelos	12
3.5. Diversidad Genética del Género Shan Tong	13
3.6. Shan Tong (<i>Paulownia fortunei</i> x <i>tomentosa</i>)	13
3.7. Características Productivas de la Shan Tong (<i>Paulownia fortunei</i> x <i>tomentosa</i>)	13
3.7.1. Alta Tasa de Crecimiento	14
3.7.2. Alta Resistencia a Plagas y Enfermedades	14
3.7.3. Alta Resistencia a Sequías y al Frio	15
3.7.4. Alta Producción de Volumen en Madera	16
3.7.5. Excelente Calidad de la Madera	16
3.7.6. Menor Área de Plantación	17
3.7.7. Capacidad de Adaptación a Diferentes Climas	17
3.8. Propagación de Shan Tong (<i>Paulownia fortunei</i> x <i>tomentosa</i>)	17
3.8.1. Reproducción Mediante Semilla	17
3.8.2. Reproducción por Estacas	18
3.8.3. Reproducción Mediante la Raíz	18
3.9. Germinación de Semillas	18
3.10. Métodos de Análisis de Datos de Germinación	19
3.10.1. Descriptivos	19
3.10.2. Analíticos	20
3.11. Proceso de Germinación	20
3.12. Factores Internos	21
3.13. Factores Externos	21
3.14. Sustratos Empleados en la Germinación	22
3.12.1. Propiedades Físicas de los Sustratos	22
3.12.2. Propiedades Químicas de los Sustratos	22
3.12.3. Clasificación de los Sustratos	23
3.13. Tipos de Sustratos	24
3.13.1. Arena Fina	24
3.13.1. Tierra Negra	24
3.14. Marco Conceptual	24
IV. Método y Diseño de Investigación	27
4.1. Lugar de la Ejecución de la Investigación	27

4.1.1. Ubicación Espacial	27
4.1.2. Altitud y Coordenadas UTM:.....	28
4.1.3. Condiciones Meteorológicas de Lugar de Investigación	28
4.1.4. Ubicación Temporal	28
4.2. Diseño de la Investigación	28
4.2.1. Características del Experimento	29
4.2.2. Distribución del Experimento por Bandeja de Propagación.....	29
4.2.3. Distribución del experimento por tratamientos y repeticiones	30
4.3. Materiales y Equipos.....	30
4.3.2. Análisis de Caracterización de Sustratos	31
4.3.3. Evaluación de Variables Durante el Proceso Germinativo en Vivero.....	32
4.4. Variables de Investigación.....	36
4.4.1. Indicadores	36
4.5. Análisis Estadístico	36
V. Resultados.....	38
5.1. Características Germinativas.....	38
5.1.1. Tiempo de Latencia	38
5.1.2. Porcentaje de Germinación.....	39
5.1.3. Tiempo Promedio de Germinación	40
5.1.4. Tasa Media de Germinación	41
5.1.5. Coeficiente de Velocidad de Germinación.....	42
5.2. Índices de Germinación	43
5.2.1. Índice de Tasa de Germinación	43
5.2.2. Índice de Germinación de Timson	44
5.3. Temperatura y Humedad.....	45
5.3.1. Temperatura	45
5.3.2. Humedad	46
VI. Discusión de Resultados.....	48
6.1. Características Germinativas.....	48
6.1.1. Tiempo de Latencia.....	48
6.1.2. Porcentaje de Germinación	48
6.1.3. Tiempo de Germinación	49
6.1.4. Tasa Media de Germinación	50
6.1.4. Coeficiente de Velocidad de Germinación.....	50

6.2. Índices de Germinación	51
6.2.1. Índice de Tasa de Germinación.....	51
6.2.2. Índice de Germinación de Timson	52
VII. Conclusiones.....	53
VIII. Recomendaciones.....	55
IX. Referencias Bibliográficas	56
Anexos.....	64
a. Datos de campo	65
b. Análisis de sustratos	71
c. Registro sanitario	73
d. Registro fotográfico	74

Índice de Tablas

Tabla 1	Clasificación taxonómica de Shan Tong (<i>Paulownia fortunei</i> x <i>tomentosa</i>)	10
Tabla 2	Principales enfermedades de Shan Tong (<i>Paulownia fortunei</i> x <i>tomentosa</i>)	15
Tabla 3	Tabla de latencia.....	38
Tabla 4	Tabla de porcentaje de germinación.....	39
Tabla 5	Tabla de tiempo promedio de germinación	40
Tabla 6	Tabla de tasa media de germinación.....	41
Tabla 7	Tabla de coeficiente de velocidad de germinación.....	42
Tabla 8	Índice de tasa de germinación	43
Tabla 9	Tabla de germinación de Timson	44
Tabla 10	Tabla de temperatura.....	45
Tabla 11	Humedad	46

Índice de Figuras

Figura 1 Tasa de crecimiento del Shan Tong	14
Figura 2 Plantas de Shan Tong	15
Figura 3 Troncos de Shan Tong	16
Figura 4 Ubicación espacial de la provincia de Andahuaylas	27
Figura 5 Ubicación espacial del experimento en el distrito de San Jerónimo, Andahuaylas.	27
Figura 6 Distribución del experimento por bandeja de propagación.....	29
Figura 7 Distribución de bandejas de propagación en el invernadero.....	30
Figura 8 Temperatura media del experimento	45
Figura 9 Humedad del experimento.....	46

Resumen

El presente trabajo denominado “Evaluación de Tres Sustratos en la Germinación de Semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) bajo condiciones de invernadero, distrito de San Jerónimo, Andahuaylas – Apurímac” planteó como objetivo Determinar el efecto de tres sustratos en la germinación de semillas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*), bajo condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac. Para esto se evaluaron las características germinativas y los índices de germinación de las semillas bajo tres sustratos preparados durante el experimento bajo condiciones de invernadero. Los resultados muestran que el sustrato tierra negra al 100% logró el porcentaje de germinación más alto (20.95%), así como la mayor tasa de germinación (0.57) con 20 plantas germinadas mientras que la mezcla de tierra negra con arena fina al 100% y el tratamiento testigo solo registraron 15, 8 y 2 plantas germinadas respectivamente. Respecto al coeficiente de velocidad de germinación, el tiempo promedio de germinación y la latencia, todos los sustratos presentaron resultados similares diferenciándose únicamente del tratamiento testigo. De manera adicional, se midieron las temperaturas y la humedad durante los 5 meses de duración del experimento, registrando un promedio de 21°C de temperatura y de 68.7% de humedad. Como conclusión se demuestra que el sustrato compuesto por tierra negra al 100% es el más efectivo para la germinación de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*), mientras que el sustrato compuesto por arena fina al 100% es el menos efectivo, aún así, sigue presentando mejores resultados que el tratamiento testigo.

Palabras claves: Tiempo de latencia, características germinativas, temperatura, humedad relativa.

Abstract

The present work entitled "Evaluation of Three Substrates on the Germination of Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) Seeds under Greenhouse Conditions, District of San Jerónimo, Andahuaylas – Apurímac" had as its objective to determine the effect of three substrates on the germination of Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) seeds under greenhouse conditions in the San Jerónimo district, Andahuaylas-Apurímac. For this purpose, the germination characteristics and germination indices of the seeds under three substrates prepared during the experiment under greenhouse conditions were evaluated. The results show that the 100% black earth substrate achieved the highest germination percentage (20.95%), as well as the highest germination rate (0.57) with 20 germinated plants, while the mixture of black earth with fine sand at 100% and the control treatment only recorded 15, 8, and 2 germinated plants, respectively. Regarding the germination speed coefficient, mean germination time, and latency, all substrates showed similar results, differing only from the control treatment. Additionally, temperatures and humidity were measured throughout the 5-month duration of the experiment, recording an average temperature of 21°C and humidity of 68.7%. In conclusion, it is demonstrated that the substrate composed of 100% black earth is the most effective for the germination of Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*), while the substrate composed of 100% fine sand is the least effective, yet it still shows better results than the control treatment.

Keywords: Germination characteristics, latency time, relative humidity, temperature.

Introducción

Actualmente el mundo se encuentra con efectos negativos en la atmósfera debido a la contaminación ambiental, lo cual provoca cambios irreparables a ecosistemas, un alto riesgo de extinción de especies en el mundo, aumento de zonas áridas y cambios en el manejo de cultivos (Benavides & León, 2007). Estos cambios afectan a distintos tipos de árboles, que son de suma importancia para la captura de CO₂ del medio ambiente.

Los árboles del género Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) son originarios de China, de la zona norte de Laos, así también Vietnam, también se encuentran en Corea y Japón, fueron utilizados como barreras naturales, barreras contra los vientos y en linderos, para luego ser empleados para madera como recurso, por sus buenos índices de producción (Muñoz & Cancino, 2014), de otro lado, la germinación de semillas de planta cada vez abarca a más territorios o ecosistemas por las bondades que presenta, esto representa una oportunidad para diferentes zonas y climas que luego podrían ser aprovechados con fines económicos y ambientales como estrategia para combatir los efectos generados por la contaminación (Paulownia Profesional, 2018).

En el Perú existen pocas experiencias e iniciativas, satisfactorias en cuanto a la adaptación de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en ciertos puntos de la costa peruana. El presente trabajo denominado “Evaluación de tres sustratos en la germinación de semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) bajo condiciones de invernadero, distrito de San Jerónimo, Andahuaylas - Apurímac” tuvo la meta de evaluar efectos en germinación de semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en tres sustratos diferentes. Este trabajo estuvo ubicado en el distrito San Jerónimo, provincia de Andahuaylas-Apurímac. Se evaluaron las

diferentes características germinativas, así también la temperatura, humedad relativa de los sustratos y del invernadero.

Problema Objeto de Estudio

Planteamiento del Problema

A lo largo de las cadenas montañosas del país se tienen fuentes importantes de agua dulce, estas bajan por las cordilleras conservando una fauna y flora importante en la selva peruana y parte importante en la sierra altoandina. El cambio climático a causa del CO₂, metano y otros gases de efecto invernadero representan un peligro para el equilibrio ecosistémico del planeta, el mundo incrementó en 0.6°C la temperatura en solo tres décadas (Zevallos, 2018), de otro lado el daño ambiental aumenta las probabilidades de colaborar en el desplazamiento de especies y el surgimiento de nuevas enfermedades, es por esto que los bosques desempeñan funciones importantes para frenar esta condición (Agronoticias, 2022).

Es importante enmarcar que la producción de madera impulsada por acciones como la reforestación inicia con proyectos enfocados a producir plántulas en viveros e invernaderos, para luego ser trasplantados a los terrenos deforestados o destinados a este tipo de uso. Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) es una especie exótica de árbol con buenos índices de producción, presenta un crecimiento rápido, tiene bajas necesidades en cuanto a área, requiere cantidades de agua moderadas las que existen en el Perú, tiene buenos resultados para industrias madereras, agrícolas, silvícolas entre otros (León , 2020).

La germinación y crecimiento de plántulas a partir de semillas se ve condicionado por factores como la luz, temperatura, CO₂ y oxígeno, estos procesos son importantes para la germinación de semillas destinadas a la propagación de especies vegetativas (Rodríguez et al., 2002).

Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) es una especie arbórea que gana importancia en Perú, por lo que la germinación de sus semillas es una manera práctica de incorporar esta especie en nuevos lugares, geografías y ecosistemas,

estas experiencias están poco difundidas en el Perú. Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) no presenta mucha difusión en el Perú, esto quiere decir que no se tiene mucha información sobre cómo responder o se adapta a las condiciones actuales en las diferentes regiones, especialmente en costa y sierra, donde las especies arbóreas son escasas a comparación de la selva amazónica.

Es por esto que no existen muchos ejemplos sobre la introducción de Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) en el medio Altoandino y específicamente Apurimeño, es por eso que es necesario estudiar esta especie y generar conocimiento sobre condiciones de germinación y producción futura en los entornos de Andahuaylas como zona de estudio para este trabajo de investigación.

Problema General

¿Cuál es el efecto de tres sustratos en la germinación de semillas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*), bajo condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac?

Problemas Específicos

- ¿Cuál es el efecto de tres sustratos en las características germinativas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*), en condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac?
- ¿Cuál es el efecto de tres sustratos en los índices de germinación de la Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*), durante su germinación en condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac?

I. Objetivos y Justificación

1.1. Objetivo General

Evaluar tres sustratos en la germinación de semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) bajo condiciones de invernadero, distrito de San Jerónimo, Andahuaylas – Apurímac.

1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de tres sustratos en las características germinativas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac.
- Evaluar el efecto de tres sustratos en los índices de germinación de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac.

1.3. Justificación de la Investigación

A nivel internacional, el análisis de la Shan Tong resulta relevante por su versatilidad y amplio uso para la producción en países como Bolivia, donde existe un ambiente favorable para su producción, por ende, se realizan estudios que buscan identificar los mejores tratamientos para lograr la mejor calidad y desarrollo posible, ya que la Shan Tong representa el sustento de un sector importante de la sociedad (León, 2020).

La Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) es una planta mágica, que produce madera de calidad, manifiesta que es una especie forestal con alto crecimiento, con buen drenaje, consume menos cantidad de agua que otros, como la Acacia o el Fresno. (Agrorural, 2010), existen autoridades en el Perú que empiezan a incorporar el género *Paulownia* en proyectos urbanos y productivos obteniendo buenos resultados por su medio metro de desarrollo obtenido en 3 meses desde su

plantación, y no constituye ningún peligro para el asfalto de la ciudad (Agronoticias, 2019).

En el caso de la producción de madera; el cambio climático, la globalización y el comercio nacional e internacional son actores cada vez más exigentes e invitan a adaptarnos a nuevas técnicas y oportunidades. El género *Paulownia* tiene grandes índices productivos en madera, eficiencia en el crecimiento, adaptación a suelos y altitudes, es por esto que la información generada en esta investigación puede ser oportuna en beneficio de la región Apurímac.

Todo trabajo de investigación genera conocimiento e información que permitan seleccionar los métodos o técnicas más optimas a un entorno, este es el caso del presente trabajo de investigación que permitirá ver cómo es que afectan tres sustratos diferentes en el proceso de germinación de semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en condiciones de la ciudad de Andahuaylas, trabajo que sin duda aportará conocimiento al distrito de San Jerónimo, provincia de Andahuaylas y a toda la región Apurímac.

II. Hipótesis

2.1. Hipótesis General

El uso de diferentes sustratos afecta significativamente la germinación de las semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac.

2.2. Hipótesis Específicas

a) Existen efectos significativos en las características germinativas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac por el uso de diferentes sustratos.

b) Existen efectos significativos en los índices de germinación de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en condiciones de invernadero en el distrito San Jerónimo, Andahuaylas-Apurímac por el uso de diferentes sustratos.

III. Marco Teórico y Conceptual

3.1. Antecedentes

3.1.1. Internacionales

León (2020), en la tesis “Aplicación de dos tratamientos pre-germinativos en semillas de kiri (*Paulownia tomentosa*) bajo distintos tipos de sustrato en la comunidad de Araña del municipio de Apolo - La Paz” tuvo como objetivo: Llevar a cabo la evaluación del efecto de la doble intervención pre-germinativa en las semillas, considerando diferentes tipos de sustrato aplicados en la comunidad de Araña, La Paz. La investigación fue cuantitativa, con un diseño experimental y un nivel explicativo. Los resultados denotan que la detección la optimización de sustrato en la latencia y germinación en concordancia de los días de alerta frente a al estado de humedad llamada remojo, el de 7 días es óptimo porque demora un corto tiempo la geminación, siendo el sustrato B0, seguido por el B1 con turba y arena y el de tierra del lugar que presenta 6,5 en promedio. El B3 que se encuentra con turba 2, arena y tierra del lugar es de 8,33 días promedio, o sea, el menos eficiente. El porcentaje de germinación de mayor remojo de promedio fue 73,87 y 7 días, donde se tuvo el mejor puntaje fue el sustrato que contenía solo tuba (B0) que de valor fue 75,87% y al B3 constituida por turba 2, arena 1y tierra del lugar 4), valor de 68%, el T5 representada con A2B1, 80,40% en promedio, el T2 (A1 B2) tuvo el tratamiento de menor valor 63,73% en promedio. Finalmente, el estudio concluye que el remojo durante más días favorece una germinación más rápida y eficiente. En relación con los sustratos, aquellos con una mayor proporción de turba demostraron ser más efectivos para la emergencia y el porcentaje de germinación. Además, ciertos tratamientos combinados resaltaron por su mayor eficacia, mientras que otros presentaron resultados menos favorables.

Quintero y Acosta (2020), en la tesis “análisis de efectividad de sustratos y enraizante en la *Paulownia Elongata* en Villavicencio-meta” tuvo el objetivo de analizar el crecimiento de plántulas de *Paulownia Elongata* al aplicar un enraizante natural (*aloe vera*) en tres sustratos en condiciones de vivero, empleando 3 tratamientos y 10 repeticiones. La metodología fue cuantitativa, experimental y de un nivel exploratorio. Los resultados denotan que el vivero hecho por *Paulownia Elongata* mediante ambientes con áreas de forma demostrativa, tomando nota el enraizante natural (*aloe vera*) y los tres sustratos utilizados a través de áreas demostrativas concedió comprender el comportamiento del desarrollo del tallo y la cantidad de cotiledones de sustrato que permitió ver el aporte de la *Paulownia elongata*, que implica que existen compuestos que conllevan el crecimiento. Finalmente, el estudio concluye que el vivero de *Paulownia elongata* permitió analizar cómo diferentes sustratos y el uso de enraizantes naturales influyen en el crecimiento del tallo y el desarrollo de hojas. Se identificaron sustratos que favorecen significativamente el crecimiento de esta especie.

Guarnizo (2023), en la tesis “Efectividad de esquejes de raíz en la propagación de *Paulonia tomentosa* en vivero – Universidad Nacional de Loja” tuvo el objetivo de aportar la existencia de la reproducción vegetativa del grupo *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., en función de segmentos radiculares, mejorando las etapas de propagaciones para la comercialización. La investigación se basa en el enfoque cuantitativo, diseño experimental, nivel explicativo. Los resultados fueron de 100% de enraizamiento en un rango de evaluación de 60 días en manejos de T1 (combinación de Tierra + enraizador) y T3 (armonizada de Arena + enraizador), los mejores resultados en volumen radicular y extensión radicular a los 60 días fue en el manejo T5 (integrada de Turba + enraizador), los resultados

favorables vigorosidad, altura, hojas y brote en rango de 180 días fue en los esquejes procesados al manejo T0 (Tierra sin enraizador, y sobrevivencia de 180 días, lidera en la más alta en los tratamientos T0 integrada por Tierra sin enraizador y T2 de Arena sin enraizador, 90 %. Finalmente, el estudio concluye la propagación asexual de *Paulownia tomentosa* en diferentes sustratos y con enraizador influye en el número y longitud de raíces, pero no afecta variables como brotes, hojas, altura y vigorosidad.

Ruiz y Mallen (2022) en la tesis “Efecto de sustratos en desarrollo y crecimiento de *Paulownia elongata* en condiciones semi controladas” tuvieron el objetivo: la evaluación sobre el mecanismo funcional de plántulas de *Paulownia elongata* que se desarrollaron en varios sustratos en contextos semi-controladas. La metodología investigación sigue un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental y un nivel explicativo. Los resultados denotan que el mayor efecto del abono que se encuentra constituida con y sin abastecimiento de nitrógeno fue en el acopio de biomasa hacia el sistema radicular, las hojas y forma general de la especie vegetal (total acumulado); mientras que las especies desarrolladas en composta con o sin nitrógeno con arena y vermiabono con arena seguido del tratamiento con Peatmoss con nitrógeno, generó la formación de tejido. La concentración de clorofila total fue alta en los tratamientos realizados con vermiabono con o sin nitrógeno, asimismo, tuvo registro de alta eficiencia en la fotosíntesis de la especie *Paulownia elongata* cultivada en sustrato a base de Peatmoss. Finalmente, el estudio concluye que la aplicación de la fertilización orgánica de más arena y con abastecimiento de nitrógeno influye de manera positiva en el crecimiento de la especie vegetal de *Paulownia* cultivada en invernaderos.

Castro (2023), en la tesis “Evaluación de tres sustratos para mejorar el proceso de germinación en arazá (*Eugenia stipitata*) bajo condiciones de vivero” tuvo el objetivo conocer el sustrato más beneficiosos para la germinación de arazá (*Eugenia stipitata*). El enfoque cuantitativo fue de diseño experimental, se empleó el diseño DCA, se analizó en total 4 tratamientos incluyendo arena de río y tamo con humus, más un testigo. Como resultados se observó que el porcentaje de germinación si varió significativamente según el ANOVA con Sig.<0.05, el tratamiento más efectivo fue el de arena de río con tamo y humus al 40%, 20% y 40% respectivamente. Se concluye confirmando la importancia de tratamientos tanto en la germinación como en factores como el número de hojas y altura de las plantas.

3.1.2. Nacionales

En el plano nacional Zevallos (2018), en la tesis “Ácidos húmicos y Biol para la propagación de Paulownia Shan Tong (*fortunei x tomentosa*) en invernadero, Arequipa, Perú” tuvo el objetivo de conocer cuales es la incidencia que tiene la biol y ácidos húmicos con su 16 tratamiento y combinación respectivamente con tres repeticiones. El enfoque fue cuantitativo, diseño experimental y nivel explicativo. Los resultados muestran que, a los 15 días, cuando se aplica el biol y ácidos húmicos, el proceso 11 tiene 10.07%, que representa un mayor porcentaje de emergencia, (7.33%), a 30 días, el tratamiento 11 también presentó los mejores resultados (3.51%) con tiempos de alerta de 11.67 días. En el repique, el T2 tiene un alto alcance de hojas con 5.33 hoja y porte aéreo de 10.47 cm, tratamiento 15, mayor extensión radicular con 14.67cm. Bajo esos hallazgos, el estudio concluye que se establece el proceso de análisis y es de optimo resultado, que es la combinación de biol y ácidos húmicos más efectivo en emergencia, plantas alcanzadas y contenido de plantas sin agua).

Cabanillas (2025), en la tesis “Efecto de diferentes sustratos en la germinación, emergencia y crecimiento en plántulas de *Myrcianthes discolor* (Kunth) McVaugh en Chota” tuvo el objetivo de evaluar efectos de sustratos en el proceso de germinación de *Myrcianthes discolor*. Se planteó un enfoque cuantitativo el diseño fue experimental, se evaluó tanto el contenido de humedad como pureza, todo en condiciones de vivero en una muestra de 3600 semillas. Como resultados se observa que el porcentaje de emergencia varió según sustrato utilizado, siendo el de tierra negra más arena el más efectivo con un porcentaje de 91.25%, el ANOVA confirmó las diferencias significativas con Sig.=0. Por otra parte, el tiempo medio de germinación no presentó diferencias notables (Anova con Sig>0.05). Se concluye confirmando un aporte notable de los sustratos, principalmente de la tierra negra con arena fina.

3.1.3. Locales

Ardiles (2019), en la tesis “Evaluación de diferentes sustratos en la propagación de bambú *Guadua angustifolia* Kunth en Kepashiato – Echarati - La Convención – Cusco” tuvo como objetivo definir el sustrato más favorable en la propagación de bambú. El enfoque cuantitativo fue experimental de nivel explicativo, se empleó el diseño BCA, evaluando número de pérdidas en plantas, de entrenudos, diámetro y altura de brotes. En resultados, se detalla que el esqueje con compost de aserrín favorece notablemente a la planta, la altura de brotes fue mayor significativamente (102.23cm), de manera contraria, la arena de río y el esquejen de rama no son favorables, (65.52cm). El mayor aporte del tratamiento señalado (haciendo uso de compost de aserrín) también favorecen notablemente al diámetro del brote (0.817cm) así como al incremento de plantas prendidas. Se concluye reconociendo influencia significativa por los sustratos y promoviendo el uso

principalmente del aserrín como sustrato de mayor impacto en la planta, contrariamente se recomienda evitar el uso de arenad de río como sustrato por no aportar de forma notable.

3.2. Generalidades del Cultivo de Paulownia Shan Tong (*fortunei* x *tomentosa*)

La Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) es cultivada desde hace más de 2600 años, pero es a partir de 1972 que empieza a ser estudiado por Zhua Zhao-Hua, investigador forestal chino. El primer uso que tuvo fue el de proteger a sus cultivos de tormentas de arena e inundaciones para conseguir cosechas óptimas (Lucas et al., 2011).

Este género posee buena adaptación a suelos pobres, con rangos variados de precipitación y temperatura en diferentes climas y terrenos (Kasamaki, 2007).

También es importante mencionar que posee una madera de buena calidad en comparación a especies de uso común, posee ventajas comparativas y en un corto plazo para la obtención de productos maderables para industrias como moldaduras, enchapados, fabricación de muebles con una buena apariencia al acabado (Gutiérrez & Ocaña, 2009).

3.2.1. Clasificación Taxonómica del Paulownia Shan Tong (*fortunei* x *tomentosa*)

Es una especie arbórea de la cual se conocen nueve especies a nivel de género originarios de China principalmente. El nombre Paulownia fue acuñado por el botánico Thuberg de origen suizo quien escribió de este árbol por primera vez en la publicación Japanese Flora en 1781, aquí le dio la clasificación de Bignoniaceae y especie Bignonia Tomentosa (Gutiérrez & Ocaña, 2009).

La siguiente clasificación taxonómica para Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) (ver tabla 1).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Shan Tong (Paulownia fortunei x tomentosa)

Reino:
Plantae
División:
Embryophita
Tipo: Angiospermas
Clase:
Eudicotiledoneas
Orden: Lamiales
Familia:
Paulowniaceae
Género:
Paulownia
Subgenero:
Paulownia
Especie: <i>Shan Tong (Paulownia fortunei x tomentosa)</i>
Nombre común:
Shan Tong

Nota: Recopilado de (Rojas, 2016)

3.3. Morfología de la Planta

3.3.1. Raíz

La Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) posee un sistema radicular desarrollado y profundo, tiene ramificación dicotómica con dimensiones de hasta 8 metros que cuelgan en dirección al suelo, Las raíces absorbentes tienen un espesor de 1 a 5 mm y 60 cm de largo como máximo. La raíz prospera mejor en suelos arenosos presentando de 40 a 100 cm de profundidad hasta en un 76% de su sistema radicular (Sedder, 2003).

De este modo la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) es una especie que posee la capacidad de regenerarse, esto significa que después de la tala esta vuelve a crecer, posee además una vida útil o productiva de 70 a 100 años, pudiendo producir a lo largo de 8 a 9 ciclos durante su vida productiva, la tala puede producirse en cualquier época del año (Greemap, 2019).

3.3.2. Semillas

La Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) posee semillas aladas, pequeñas y livianas, su crecimiento y germinación requiere luz intensa, posee la forma de mariposa con medidas de 2 a 7 mm de largo, fácil de transportar y empacar cuando así se requiere (Zhao et al., 1986).

3.3.3. Hojas

Es una especie caducifolia, esto quiere decir que deja caer sus hojas en época de frío o invierno para preservarse, cuando llegan las lluvias vuelven a producir hojas, producen una copa ancha con ramas horizontales de buen tamaño, su color característico es verde oscuro ovalada y en forma acorazonada, mide de 20 a 40 cm de longitud, produce unas ramas con hojas en posición de pares opuestos (Lucas et al., 2011). La cara inferior se muestra con una capa densa de filamentos finos (Sedder, 2003).

3.3.4. Flores

La producción de flores se realiza una vez al año, estas son hermafroditas, que quiere decir poseen ambos órganos sexuales en la misma flor para su reproducción, poseen panículas de 30 a 40 cm de longitud de forma piramidal, estas permanecen cerradas hasta la primavera (Lucas et al., 2011).

Por otro lado, las flores de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) también poseen colores diferentes según la especie pudiendo ser lavanda o blanco,

estas poseen un buen aroma, presentan dos lóbulos en el labio superior y tres lóbulos en la zona inferior, posee una corola con dos labios (Sedder, 2003).

3.3.5. Frutos

Los frutos son una cápsula leñosa dehiscente, esto quiere decir que permite la apertura espontánea de la capsula leñosa para liberar el fruto maduro, los frutos son de forma ovoide, puntiaguda, de 3 a 5 cm con numerosas semillas (Lucas et al., 2011).

El promedio de longitud es de 4 cm con semillas aladas en el interior, facilitando difusión por viento al abrirse mediante una dehiscencia loculicida, este puede ser descrito como una cápsula elíptica puntiaguda (Fernández et al., 2017).

3.4. Aspectos Agroclimáticos

3.4.1. Clima

La Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) es adaptable a un rango amplio de climas que pueden variar desde -20°C a 45°C, sin embargo, el nivel óptimo que favorece su crecimiento está entre 24°C y 29°C (Zhao et al., 1986).

3.4.2. Suelos

La Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) prospera en terrenos pobres o erosionados, pero necesariamente se debe abonar y proveer de un sistema de riego, aunque esta especie no es propia de zonas áridas, pero económicamente posee características ventajosas en cuanto al uso óptimo de los recursos y una buena capacidad de crecimiento superior a otras especies madereras (Gutiérrez & Ocaña, 2009).

3.5. Diversidad Genética del Género Paulownia

Existen especies como las siguientes: *Paulownia australis*; *P. catalpifolia*; *P. coreana*; *P. duclouxii*, *P. elongata*; *P. fargesii*; *P. fortunei*; *P. silvestrii*, *P. taiwaniana*; *P. thyrsoidea*, *P. tomentosa*, *P. viscosa*, entre otras (Lucas et al., 2011).

3.6. Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*)

Este es el híbrido más popular de paulownia en China, EE. UU y Europa, cuyas ventajas sobre otros tipos de paulownia son las siguientes: rápido crecimiento, fuerte resistencia a enfermedades y plagas, fuerte resistencia a la sequía y al frío, gran producción de madera, buena calidad de material, grandes ahorros de terreno, una amplia capacidad de adaptación, gran capacidad de renovación, entre otros (Paulownia Profesional, 2018).

3.7. Características Productivas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*)

Según la organización Paulownia Profesional las características productivas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei* x *tomentosa*) más importantes son (Paulownia Profesional, 2018):

- Alta tasa de crecimiento
- Alta resistencia a plagas y enfermedades
- Alta resistencia a sequías y al frío
- Alta producción de volumen en madera
- Excelente calidad de la madera
- Menor área de plantación
- Capacidad de adaptación a diferentes climas

3.7.1. Alta Tasa de Crecimiento

El volumen del árbol Shan Tong llega a ser superior que el N° Yuza que es un híbrido llegando a superarlo en un 63,78%. Posee una tasa de crecimiento alto permitiendo realizar talas en periodos más cortos, esto aumenta el volumen de madera producida durante el proceso de tala (Paulownia Profesional, 2018).

Figura 1

Tasa de crecimiento del Shan Tong



Nota: Recopilado de (Paulownia Profesional, 2018).

3.7.2. Alta Resistencia a Plagas y Enfermedades

La Shan Tong no presenta mucha incidencia de enfermedades por su alta resistencia por su alta tasa de crecimiento. Las principales enfermedades de la Shan Tong son las causadas por micoplasma que atacan hojas, tronco, flor, ramas y raíces produciendo lo que en China denominan la enfermedad “palo de bruja” que se propaga por plantas contaminadas traídas de lugares infectados (Gutiérrez & Ocaña, 2009) (ver tabla 2)

Tabla 2

Principales enfermedades de Shan Tong (Paulownia fortunei x tomentosa)

Agente	Daños	Control
<i>Phytophthora ssp</i>	Pudrición de tejido	Vapam 1/2 lt en 10 lt de agua para 10m2
<i>Armillaria stump rot</i>	Pudrición de la base del tronco	Metam Sodio 32.7% a 454 ml/10m ²
<i>Rhizoctonia solani</i>	Pudrición del cuello y muerte en zonas aéreas	PCNB 75% 8-10 gr/m2
<i>Fusarium sp</i>	Acaparamiento, las hojas se marchitan	Captafol 0.56 lt/ha
<i>Sphaceloma sp</i> y S.	Ataca tallos, hojas y brotes.	

Fuente: (Gutiérrez & Ocaña, 2009)

Figura 2

Plantas de Shan Tong



Nota: Recopilado de (Paulownia Profesional, 2018).

3.7.3. Alta Resistencia a Sequías y al Frio

Los diferentes tipos de Shan Tong poseen gran resistencia a la sequía y a las heladas dándoles una mayor una capacidad y resistencia a los cambios climáticos,

logrando mejores resultados en rendimiento, supervivencia y crecimiento. La Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) puede soportar temperaturas que van desde los -28°C hasta los 42°C.

3.7.4. Alta Producción de Volumen en Madera

La Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) posee tallos esbeltos y rectos, puede alcanzar alturas de hasta 9 metros dependiendo del tipo de manejo y condiciones de cultivo, puede alcanzar diámetros de 4 a 10 cm para el primer año, cuando la planta llega a los 7 años de vida puede producir de 0.35 a 0.6 m³ de madera.

Figura 3

Troncos de Shan Tong



Nota: Recopilado de (Paulownia Profesional, 2018).

3.7.5. Excelente Calidad de la Madera

Esta característica es principal y representa un factor crucial en el beneficio económico. La madera de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) posee buenas propiedades físicas y mecánicas que son mucho mejores que sus predecesores, estas alcanzan estándares internacionales de alta calidad dentro de su especie.

3.7.6. Menor Área de Plantación

El desarrollo de la forma y corona difieren por el tipo de Shan Tong. Estas coronas pueden ser estrechas, medias y anchas, el diámetro de una corona estrecha puede ser menor en un 40% comparado con una corona ancha, la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) posee una corona que va desde la estrecha pudiendo llegar a la mediana, esto permite ahorrar más de un 40% de terreno o área, pudiendo emplear marcos de plantación de 4x4 y 4x3m.

3.7.7. Capacidad de Adaptación a Diferentes Climats

La Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) puede desarrollarse en diferentes condiciones de suelo y diversos climas, esto significa que posee gran adaptabilidad a diferentes territorios, lo hace más versátil, y puede reducir los costos y mano de obra en proyectos de forestación y reforestación, aumentando la rentabilidad de estas actividades.

3.8. Propagación de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*)

Según el Instituto de bienestar Rural se manifiesta que la propagación se realiza de tres formas:

3.8.1. Reproducción Mediante Semilla

La producción de semillas inicia desde el cuarto año de vida, cada árbol puede llegar a producir hasta 5000 semillas viables, las que luego pueden ser llevadas a almácigos con densidades de 1000 a 1500 semillas por m². Cuando se realiza la germinación esta puede tardar de 15 a 60 días desde que se tienen las condiciones deseables de humedad y temperatura, cuando las plántulas llegan a medir 15 a 20 cm se pueden trasplantar coincidiendo en las épocas de lluvia que son los meses de diciembre y febrero (Instituto de Bienestar Rural, 1977).

3.8.2. Reproducción por Estacas

Este método se debe realizar en viveros, las estacas se deben obtener cuando la planta no tiene sus hojas, para esto se seleccionan ramas con una longitud de 15 a 30 cm y diámetro de 1 a 2 cm con dos brotes o nudos cada uno. Las estacas se colocan de forma horizontal guardando una distancia prudente, una vez realizada la plantación se coloca tierra hasta los 5 cm de altura y se sugiere cubrir con pala o heno, este proceso es recomendable entre agosto y septiembre. La brotación empieza en promedio 35 días después de la plantación con alturas de 20 a 30 cm, después de esto pueden ser trasplantados en los meses de noviembre o inicio de lluvias (Instituto de Bienestar Rural, 1977).

3.8.3. Reproducción Mediante la Raíz

En agosto se extraen las denominadas “raíces de multiplicación” de las plantas madres seleccionadas, de estas se pueden obtener 30 a 50 raíces por planta y por año, estas raíces pueden tener de 8 a 10 cm de longitud y un diámetro mayor a los 3 cm, estas se llevan al vivero y se plantan a distancias de 10 a 15 cm entre ellas, después de esto se proceden a cubrir hasta los 5 cm, pasado 2 a 3 meses se pueden trasplantar en un lugar definitivo, coincidiendo con las épocas de lluvias (Instituto de Bienestar Rural, 1977).

3.9. Germinación de Semillas

La germinación es el proceso fisiológico por medios del cual se reinicia el crecimiento del embrión (Bewley & Black, 1978), la germinación comienza con la imbibición de la semilla y termina cuando emerge la radícula. Es posible marcar grados de germinación para cada lote de semillas según la especie, viabilidad y condiciones medioambientales (Lourdes & Alma, 1996).

La germinación puede tener diferentes respuestas variando en:

- **Capacidad germinativa:** Son las semillas que germinan en óptimas condiciones de humedad y temperatura (Bewley & Black, 1978).
- **Distribución de la germinación:** Esta dada por las variables como uniformidad, simultaneidad o sincronización en la germinación, tiempo promedio, velocidad y tasa de germinación (Bewley & Black, 1978).

3.10. Métodos de Análisis de Datos de Germinación

Según Lourdes y Alma (1996) los métodos de análisis pueden ser de dos tipos:

3.10.1. Descriptivos

Permite realizar una evaluación preliminar mediante gráficos, y pueden contar con las siguientes variables:

- Gráficas de capacidad de germinación:** Grafica el número final de semillas germinadas o porcentaje. Las gráficas muestran el efecto de los tratamientos, pero no la distribución de la germinación en un periodo de tiempo.
- Gráficas de germinación por día:** Determinado por la cantidad de semillas germinadas por día. Describe la distribución de la germinación en el tiempo, esto genera curvas de distribución normal y dentro de está el pico de germinación determinado por el día donde se observe más germinación.
- Gráficas de germinación acumuladas por intervalos de tiempo:** Muestra valores máximos de germinación y tiempo alcanzado, muestra el incremento y su tiempo de inicio. No se pueden realizar comparaciones entre tratamientos.
- Gráficas de germinación en el tiempo:** Permite establecer la relación entre capacidad y tiempo de germinación distinguiendo la temperatura en la que se desarrolla mejor si se realizan comparaciones de las mismas. Se dividen las

muestras de semilla considerando un 100% al total de semillas sembradas por tratamiento.

e) Gráficas de capacidad de germinación en el tiempo: Se divide la muestra de semillas en poblaciones porcentuales, pero toma como 100% al total de semillas germinadas en cada tratamiento. Emergencia de germinación: Gramshaw en 1972 definió como la tasa de emergencia al tiempo necesario para alcanzar el 50% (Hsu et al., 1984).

3.10.2. Analíticos

Aplica funciones matemáticas que describen el comportamiento germinativo de las semillas, entre ellas emplea:

- Tiempo de latencia (Côme, 1970).
- Pendiente de porción lineal (Côme, 1970).
- Coeficiente de velocidad (Kotowski, 1926 citado por Flórez & Méndez (2021)).
- Tiempo promedio de germinación (Côme, 1970).
- Índice de germinación (Scott et al. 1984 citado por Flórez & Méndez, (2021))
- Índice de Abbot (Abbot, 1955 citado por Flórez & Méndez, (2021))

3.11. Proceso de Germinación

Consiste de 3 etapas:

a) Hidratación La hidratación es importante para iniciar con la germinación de la semilla, para este proceso la misma absorbe agua, esto conjuntamente con un aumento de la actividad respiratoria y metabólica de la semilla (Azcón & Talón, 1993).

b) Germinación: En esta fase se producen transformaciones metabólicas que ayudan al correcto desarrollo de las plantas, la germinación es el proceso en la cual la semilla por condiciones óptimas de temperatura y humedad producen

plántulas, para esta etapa se reduce la absorción de agua hasta niveles en las que incluso se detiene (Azcón & Talón, 1993).

c) Crecimiento: Aquí se produce la emergencia de la radícula y se observan los cambios morfológicos a simple vista, esta fase constituye la última dentro del proceso germinativo, en esta aumenta la absorción de agua, así como el metabolismo y respiración de la planta (Azcón & Talón, 1993).

3.12. Factores Internos.

a) Madurez de las semillas: La madurez se da al lograr el completo desarrollo fisiológica y morfológicamente hablando, aquí la semilla completa su desarrollo, aquí los diferentes tejidos de la semilla se deshidratan. Algunas especies diseminan semillas antes del proceso de maduración, estas son las que poseen embriones rudimentarios en su estructura (Valencia, 2003).

b) Viabilidad de las semillas: La viabilidad marca el tiempo en la cual una semilla tiene la capacidad de germinar, esto depende de la especie, tipo de semilla y condiciones de tratamiento (Valencia, 2003).

3.13. Factores Externos.

a) Humedad: La presencia de humedad marca el primer paso para la germinación, en esta la semilla absorbe agua, mediante esto incrementa el metabolismo necesario para rehidratar sus tejidos, el agua ingresa dentro de la semilla por una diferencia del potencial hídrico entre el medio que contiene a la semilla y el agua presente en ella. Normalmente el potencial hídrico es menor para las semillas secas, por esto emerge la radícula, por este proceso el agua ingresa al embrión por las paredes celulares (Valencia, 2003).

b) Temperatura: Otro factor importante dentro del proceso de germinación es la temperatura del sustrato, estas influyen en las enzimas regulando

reacciones bioquímicas en la semilla luego de la rehidratación, esta actividad enzimática tiene lugar en un mínimo y máximo de temperatura con un promedio óptimo. Las semillas germinan en un margen de temperatura, si es muy alta o baja no se iniciará la germinación en la semilla (Valencia, 2003).

c) Gases: Las semillas necesitan una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 para germinar, mediante estos gases el embrión obtendrá energía importante para cubrir sus necesidades metabólicas (Valencia, 2003).

3.14. Sustratos Empleados en la Germinación

El sustrato es todo suelo que puede ser de origen mineral u orgánico, natural, mezclado o pura. El sustrato permite que la planta ancle su sistema radicular e intercambie sustancias alimenticias y metabólicas con la planta, por esto es importante contar con sustratos que faciliten dichas acciones entre la planta y su entorno (Ortega et al., 2010).

3.12.1. Propiedades Físicas de los Sustratos

Determina el movimiento de sustancias como el agua, oxígeno, nutrientes entre la planta y el sustrato, aquí penetra la raíz estableciendo el desarrollo normal de la planta (Macías et al., 2010), evaluando estas características son empleadas, las propiedades son imposibles de cambiarlas (Valenzuela et al., 2014).

De otro lado las propiedades físicas que posee un sustrato son: retención de agua, la porosidad, densidad aparente, textura, estabilidad estructural, entre otras.

3.12.2. Propiedades Químicas de los Sustratos

Son importantes pues afectan la disponibilidad de humedad nutrientes entre otras sustancias necesarias para la planta (Valenzuela et al., 2014), también influyen en la oferta de nutrientes que se da mediante la Capacidad de Intercambio Catiónico, la que depende de la acidez del sustrato (Anicua et al., 2009).

3.12.3. Clasificación de los Sustratos

a. Materiales Orgánicos

Tienen un origen natural, estas se descomponen por acciones biológicas, el más conocido es la turba (Durán & Enríquez, 2009).

Sintetizados, esto significa que son polímeros orgánicos que no se degradan, estas se obtienen por síntesis química (espuma de urea formaldehído, espuma de poliuretano, poli estireno expandido entre otros) (Durán & Enríquez, 2009).

Subproductos de la actividad agrícola, ganadera, industrial, urbanas entre otros, de estos materiales un grupo se someten a un proceso de compostaje para convertirse en sustrato (estiércol, afrechos, cortezas de plantas y árboles, aserrín, virutas, restos de fruta, corcho, lodos de depuración de aguas de alcantarillado entre otros) (Durán & Enríquez, 2009).

b. Materiales Inorgánicos (Minerales)

Los materiales inorgánicos son:

Originados a partir de medios natural, están presentes en rocas minerales que pueden sufrir ligeras modificaciones mediante tratamientos físicos, no se degradan (tierra volcánica, grava, arena entre otros) (Moráles & Casanova, 2015).

Son tratados de forma industrial, se obtienen de rocas y minerales mediante tratamientos químicos y físicos que modifican las características de los insumos (lana de roca, arcilla expandida, perlita, vermiculita entre otros) (Moráles & Casanova, 2015).

Subproductos industriales, son los materiales residuales que se salen de diferentes actividades industriales (estériles del carbón escorias de horno alto, ladrillo molido entre otros) (Moráles & Casanova, 2015).

3.13. Tipos de Sustratos

3.13.1. Arena Fina

La arena fina es obtenida de río ubicados en sus playas, estas se proceden a cernir para eliminar residuos como hojas, terrones entre otros, al final debe de obtenerse un sustrato de textura liviana, rica en nutrientes y sin terrones, ni piedra (De Grázia et al., 2011).

3.13.1. Tierra Negra

Es la tierra que sale a partir de la descomposición de restos vegetales, estiércol, restos animales, estas poseen sustancias minerales, todo en diferentes cantidades, proporciones y tiempos de descomposición; tiene un color oscuro, granulado, poroso y constituye un buen sustrato para el cultivar plantas y vegetales (Van & Matarrese, 2006).

3.14. Marco Conceptual

a. Germinación

La germinación es una serie de hechos morfogénéticos y metabólicos, en el cual el embrión, que se encuentra de forma latente en el interior de la semilla, retoma su crecimiento y se desarrolla formando una plántula. Este proceso se realiza en función a que el embrión se encuentre vivo, la existencia de favorabilidad de factores externos y la no presencia de factores internos que limiten el proceso de germinación (Matilla, 2008).

b. Semilla

La semilla es un óvulo que ha sido fecundado y maduro y al mismo tiempo posee la vida latente y se encuentra protegida por diferentes cubiertas y las reservas alimenticias; mediante esta semilla origina un nuevo organismo, que es la representación de la perpetuación de la vida encapsulada en una unidad pequeña que espera crecer y germinar en condiciones favorables (Banco de Germoplasma

Vegetal Coahuila, 2021), asimismo, La semilla está formada a través de la embriogénesis cigótica, que constituye cambios estructurales, morfológicos y de expresión génica, estas presentan lugar a partir de la formación cigoto a desarrollo y la maduración del embrión (Courtis, 2013).

c. Temperatura

La temperatura es el atributo de los sistemas que delimitan en equilibrio térmico, que implica medir el grado de frío relativo o caliente y de la evaluación de alteraciones térmicas sobre un cuerpo sin generar ebullición o fusión. Asimismo, es una propiedad de un cuerpo, que forma parte básicas del tiempo y clima (Inzunza, 2019), para el proceso de germinación, la temperatura afecta a los procesos fisiológicos en la actividad enzimática para la degradación en las sustancias de reserva y cada semilla requiere de este elemento ya sea mínima o máxima al momento de la germinación conocidas como temperaturas cardinales de germinación (Courtis, 2013).

d. Humedad relativa

La humedad relativa es el cociente de la proporción molar de agua en una combinación gaseosa a una temperatura y la presión respectiva y la fracción molar de vapor de agua en la condición de saturación a igual temperatura y presión, o sea, sin el inicio de condensación, no podría contener más vapor (Dávila & Martinez, 2016).

e. Invernadero

El invernadero es una instalación agrícola delimitado que se usa la protección de cultivos en torno a las condiciones desfavorables del clima para obtener el producto deseado y al mismo tiempo, cumplen la función de regulación térmica estado optimo y control de plagas (Lenschak & Iglesias, 2019).

f. Latencia de semillas

Conocida también como dormilón, que es el estado donde una semilla no germina a pesar de haberlas colocado en condiciones de humedad favorable, de temperatura y el nivel óptimo de oxígeno en largos periodos de tiempo, que les permite sobrevivir en condiciones no favorables y adversas (Doria, 2010).

g. Tiempo de Latencia

Es conocido también como el periodo de latencia, que es el tiempo que se requiere para que se origina el proceso de germinación que viene de la primera semilla durante la siembra, este tiempo forma de la velocidad de la germinación (Rodríguez et al., 2008).

h. Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación es el cociente porcentual de la cantidad de semillas germinadas con la cantidad de semillas sembradas hasta un momento determinado dado (Rodríguez et al., 2008).

i. Tiempo medio de germinación

El tiempo medio de germinación es el tiempo que se necesita para llegar al 50% de la capacidad germinativa (Rodríguez et al., 2008).

j. Tasa de germinación

La tasa de germinación es el número promedio de semillas que se desarrollaran en su crecimiento sobre un periodo de tiempo determinado y se calcula como el cociente entre el número de semillas que brotaran y el número total de semillas que se sembraron con el producto de 100, que usa para obtener el porcentaje (Collie, 2022).

k. Coeficiente de germinación

El coeficiente de germinación es la integración de los tiempos existentes del proceso de germinación de cada semilla en un tiempo determinado (Rodríguez et al., 2008).

IV. Método y Diseño de Investigación

4.1. Lugar de la Ejecución de la Investigación

El presente trabajo tuvo lugar en el vivero forestal “Barrio los Ángeles” del distrito de San Jerónimo, provincia Andahuaylas y región de la Apurímac.

4.1.1. Ubicación Espacial

Figura 4

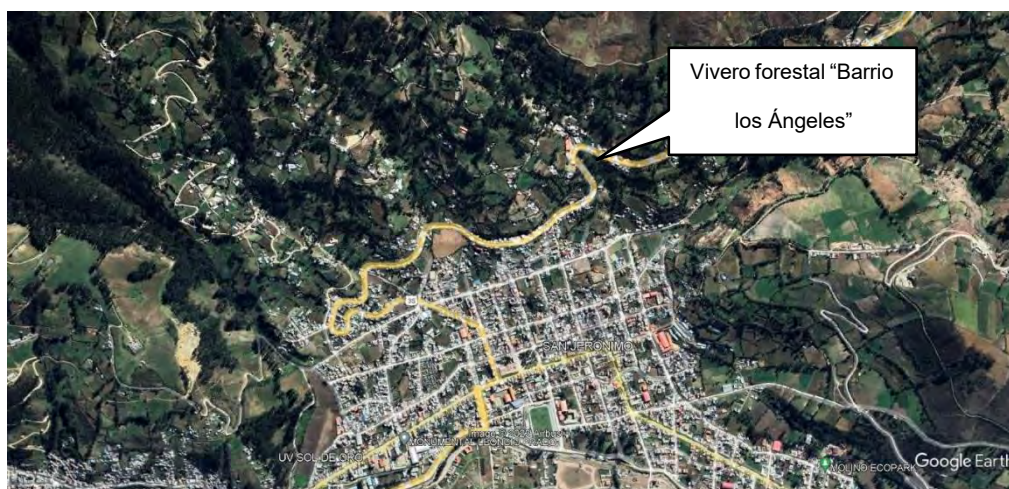
Ubicación espacial de la provincia de Andahuaylas



Nota. Google Maps

Figura 5

Ubicación espacial del experimento en el distrito de San Jerónimo, Andahuaylas.



Nota. Google earth

4.1.2. Altitud y Coordenadas UTM:

- Altitud: 3050 m.s.n.m.
- Zona UTM: 18L
- Coordenadas UTM: 677067.69 m E, 8490846.75 m S

4.1.3. Condiciones Meteorológicas de Lugar de Investigación

Las condiciones meteorológicas para la ciudad de Andahuaylas (Senamhi, 2022):

- Temperatura media anual: 9.3°C
- Humedad Relativa alta: 87.02%(marzo)
- Humedad relativa baja: 68.93% (agosto)
- Precipitación fluvial: 1474 mm

4.1.4. Ubicación Temporal

La investigación tuvo una duración de 5 meses.

4.2. Diseño de la Investigación

El experimento seguirá un diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos de sustratos diferentes y un tratamiento testigo, cada uno con tres repeticiones. Este enfoque permite distribuir aleatoriamente las unidades experimentales, reduciendo el sesgo y garantizando la validez de los resultados comparativos entre los tratamientos.

La investigación es de nivel y tipo descriptivo-experimental, ya que combina la descripción detallada de los efectos de diferentes sustratos en la germinación y crecimiento inicial de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) con la manipulación controlada de variables experimentales. Se busca caracterizar cuantitativamente el comportamiento de las semillas en cada tratamiento y establecer comparaciones, lo que permite identificar patrones y relaciones causales

bajo condiciones controladas en invernadero, proporcionando información valiosa sobre la influencia de los sustratos en el proceso de germinación.

4.2.1. Características del Experimento

Tratamientos: 4 (100% arena fina, 100% tierra negra, 50% arena fina + 50% tierra negra, testigo)

Repeticiones: 3

Calles: 4

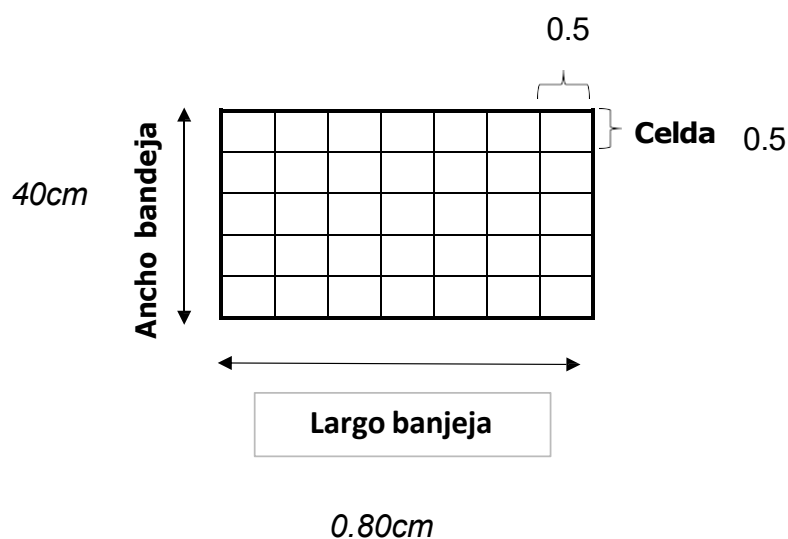
Semillas: 105 por tratamiento y 35 por repetición más 35 de testigo

N° de semillas: 420

4.2.2. Distribución del Experimento por Bandeja de Propagación

Figura 6

Distribución del experimento por bandeja de propagación

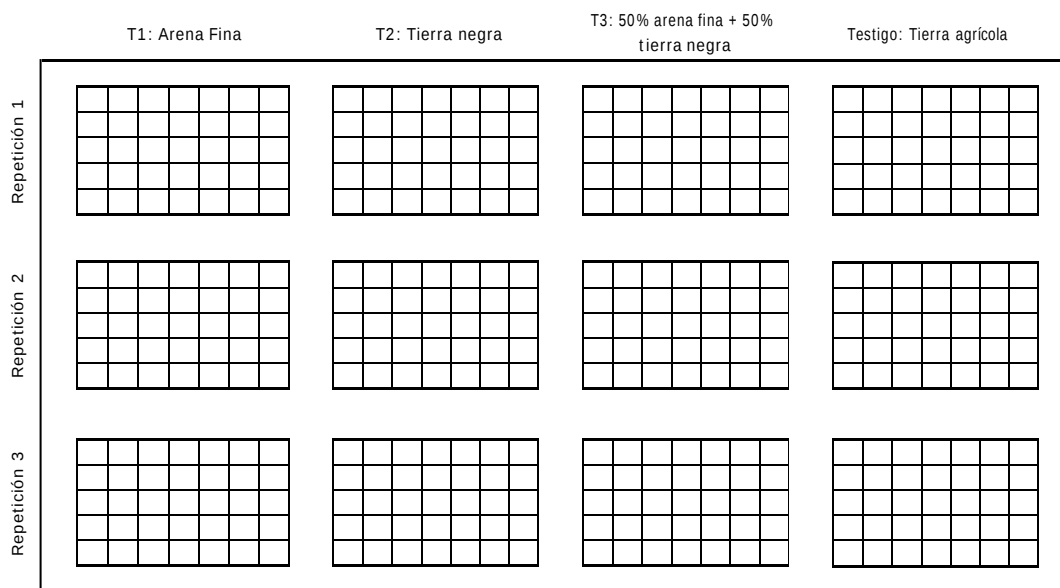


Nota: Elaboración propia

4.2.3. Distribución del experimento por tratamientos y repeticiones

Figura 7

Distribución de bandejas de propagación en el invernadero



Nota: Elaboración propia

4.3. Materiales y Equipos

- Semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*).

Sustratos

- 100% Arena fina (T1)
- 100% Tierra negra (T2)
- 50% arena fina + 50% tierra negra (T3)
- 100% Tierra agrícola (T4)

Materiales de campo

- Palas
- Picos
- Balanza de precisión
- Termo higrómetro

- Bandejas de propagación con capacidad mínima de 35 celdas
- Bolsas de polietileno negra 8 cm x 7 cm x 17 cm (capacidad 1 litro)
- Papel toalla
- Cinta métrica
- Regaderas
- Cinta métrica
- Clavos
- Madera
- Regla
- Pala
- Carretilla
- Tachos de agua
- Alambre tejido
- Martillo

Los sustratos empleados fueron: Arena fina, tierra negra, 50% arena fina + 50% tierra negra y tierra agrícola. Se realizó un análisis de suelos para caracterizarlos mediante la recolección de muestras. El método para recolectar muestras fue el denominado “zigzag”, recolectando muestras de tierra a 30 cm de profundidad por cada 8 metros, los cuales fueron homogenizados para obtener una muestra representativa. Los sustratos en canteras como tierra negra, arena fina fueron muestreados en dichos lugares.

4.3.2. Análisis de Caracterización de Sustratos

Estos sustratos tierra negra, arena fina y la mezcla 50% tierra negra y 50% arena fina fueron analizados en el laboratorio de análisis químico de la Universidad

Nacional de San Antonio Abad del Cusco. La tierra agrícola se realizó en el laboratorio químico agrícola “Valle grande” de la ciudad de Andahuaylas.

4.3.3. Evaluación de Variables Durante el Proceso Germinativo en Vivero

Previo el proceso germinativo se evaluará las siguientes variables:

a. Pureza de semillas

Para esto se determinó el grado de pureza para las semillas empleadas para el presente trabajo de investigación, realizado antes del proceso de germinación de las semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) que fue realizado en bandejas de propagación para germinación bajo condiciones de invernadero.

El tratamiento pre germinativo tuvo lugar para romper la latencia de las semillas. Se empleó el método de remojo en agua, con el fin de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta y ablandar la testa de la semilla, dicho remojo se realizó durante 7 días con un remplazo del agua cada 72 horas (Quiróz et al., 2009).

El establecimiento en almacigo y germinación se realizó en bandejas de propagación con capacidad máxima de 35 celdas, distribuidos en tres tratamientos, 01 testigo y 3 repeticiones. Para esto primero se procedió a desinfectar las bandejas de propagación, para luego llenar los alveolos de las bandejas con sustrato y colocar una semilla de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) por cada alveolo. Las semillas se colocaron a una profundidad entre 1.5 a 2 mm. Finalmente se realizó el riego según la capacidad de campo. Dichas bandejas fueron rotuladas para su identificación (fecha, hora, cantidad de sustrato empleado y número de semillas sembradas). Las evaluaciones realizadas fueron:

- Tiempo de latencia
- Porcentaje de germinación
- Tiempo de germinación

- Tasa de germinación
- Coeficiente de velocidad de germinación
- Índice de tasa de germinación

Índice de Timson

Estos procedimientos se realizaron mediante los métodos descritos anteriormente. Las evaluaciones de campo sucedieron durante el proceso de germinación de las semillas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*), tomando como referencia que la germinación de esta especie puede ocurrir desde los 15 a 60 días después de la siembra en condiciones favorables (Hernández y otros, 2006).

Toma de datos de temperatura y humedad relativa

Se registró la temperatura y humedad relativa dentro del vivero forestal diariamente durante la mañana y otra por la tarde, para lo cual se midió:

- Temperatura ambiente por la mañana.
- Temperatura ambiente por la tarde.
- Humedad relativa promedio por la mañana.
- Humedad relativa promedio por la tarde.

Cuando limpian las semillas no es necesario realizar este procedimiento, pero habitualmente la producción de semillas puede incluir semillas con impurezas de diferentes tipos por lo que si se debe realizar este procedimiento. Según la FAO (1991) se procede de la siguiente manera:

Tomar una muestra de 100 a 300 g. Dividir la muestra en dos submuestras iguales. Pesar cada submuestra empleando una balanza de precisión. Proceder a separar las semillas enteras de otros componentes extraños (cáscaras, material inorgánico, tierra, etc).

Pesarlas semillas enteras.

Para luego aplicará la siguiente formula:

$$P = \frac{PSi}{PCi} \times 100$$

Ya que son 2 submuestras el resultado se obtiene del promedio de ambos.

Donde:

P = Pureza (%)

PSi = Peso sin impurezas (g)

PCi = Peso con impurezas (g)

b. Tiempo de latencia (TL)

Se refiere al tiempo transcurrido desde la siembra hasta que aparecen las primeras plántulas germinadas, el tiempo de latencia (TL) muestra la efectividad de los sustratos para romper la latencia (Rodríguez y otros, 2002).

TL = fecha donde inicia la germinación – fecha de siembra

c. Porcentaje de germinación (PG%)

Se espera obtener resultados mayores al 60%. Se utiliza la siguiente fórmula (Ansari & Ksiksi, 2016).

$$PG\% = \frac{\text{número de semillas germinadas}}{\text{número de semillas sembradas}} \times 100$$

d. Tiempo promedio de germinación

Determinado por la cantidad de semillas germinadas después de iniciada la siembra, está dado por la siguiente fórmula (Côme, 1970).

$$TPG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$$

Donde:

TPG = Tiempo promedio de germinación

n_i = Número de semillas germinadas en el día i

$t_i =$ Número de días después de la siembra

e. Tasa media de germinación (%)

Determinado por el exponente negativo del tiempo promedio de germinación

(Ansari & Ksiksi, 2016).

$$TPG = \frac{1}{TPG}$$

Donde:

$TPG =$ Tiempo promedio de germinación

Coeficiente de velocidad de germinación (CVG)

Denota la velocidad de germinación expresado en porcentaje (Ansari & Ksiksi, 2016).

$$CVG = \frac{\sum n_i}{\sum n_i t_i} \times 100$$

Donde:

$n_i =$ Número de semillas germinadas en el día i

$t_i =$ Número de días después de la siembra

Índice de tasa de germinación (%)

Determinado por el la sumatoria de los porcentajes de germinación dividido por el número de días después de la siembra (Ansari & Ksiksi, 2016).

$$ITG = \frac{\sum g_i}{t_i}$$

Donde:

$g_i =$ Porcentaje de germinación en el día i

$t_i =$ Número de días después de la siembra

f. Índice de germinación Timson (%)

Denotado por la sumatoria de los porcentajes de germinación en el día i

dividido por el tiempo total de germinación (Khan & Ungar, 1998).

$$IGT = \frac{\sum g_i}{T}$$

Donde:

g_i = Porcentaje de germinación en el día i

T = Tiempo total de germinación

Descripción de las actividades

4.4. Variables de Investigación

- Tipos de sustratos
- Características germinativas
- Índices de germinación

4.4.1. Indicadores

a. Tipos de sustratos

- Sustrato de arena fina
- Sustrato de tierra negra

b. Características germinativas

- Tiempo de Latencia
- Porcentaje de germinación
- Tiempo medio de germinación
- Tasa media de germinación
- Coeficiente de germinación

c. Índices de germinación

- Índices de tasa de germinación
- Índice de germinación de Timson

4.5. Análisis Estadístico

El análisis estadístico utilizado para corroborar el efecto de los tres sustratos en las características germinativas e indicadores de germinación se realizó mediante el análisis de varianzas (ANOVA) que permitió conocer si el efecto de la variable

independiente es significativo o no, conforme al valor de Sig. De confirmar diferencias significativas, se realizó la prueba post-hoc de Tukey para conocer los tratamientos que presentan diferencias significativas entre sí, los tratamientos fueron codificados mediante la asignación a, b, c o d según la existencia o no de variaciones significativas en los indicadores.

V. Resultados

5.1. Características Germinativas

5.1.1. Tiempo de Latencia

Tabla 3

Tabla de latencia

Latencia					
Tratamientos	n	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
p-valor	[0.00137]				
Arena fina (50%), tierra negra (50%)	3	38b	28	43	8.66
Arena fina (100%)	3	38b	28	43	8.66
Testigo (tierra agrícola)	3	98a	73	118	22.91
Tierra negra (100%)	3	38b	28	43	8.66
Total	12	53	28	118	29.54

Nota: Elaboración propia

En la tabla número 3, se observa que el tiempo promedio de latencia es de 53 días, donde el tratamiento testigo (tierra agrícola) mostro el mayor promedio en cuanto a la latencia, en comparación de los demás tratamientos que obtuvieron una latencia de 38 días. Donde la latencia fue influenciada por el tratamiento ($p < 0.05$) obteniéndose dos grupos homogéneos, T1, T2 y T3 pertenecen al grupo B y testigo pertenece al grupo A con el mayor tiempo de latencia.

La desviación estándar de los tratamientos T1, T2 y T3 es de 8.66. El tratamiento Testigo (tierra agrícola) tiene una desviación estándar de 22.91, contando con datos más alejados del promedio, la mayor dispersión de estos datos indica que el tiempo de latencia varía de forma más notable en el tratamiento testigo.

5.1.2. Porcentaje de Germinación

Tabla 4

Tabla de porcentaje de germinación

Porcentaje de germinación					
Tratamientos	n	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
p-valor			[0.0000159]		
Arena fina (50%), tierra negra (50%)	3	14.29b	11.43	17.14	2.86
Arena fina (100%)	3	7.62c	5.71	8.57	1.65
Testigo (tierra agrícola)	3	1.9d	0	2.86	1.65
Tierra negra (100%)	3	20.95a	20	22.86	1.65
Total	12	11.19	0	22.86	7.65

Nota: Elaboración propia

La tabla 4, nos muestra los resultados de la variable porcentaje de germinación, donde el tratamiento T4 (tierra negra 100%) obtuvo la mayor media siendo 20.95% con 22 plantas germinadas de 105, el segundo mejor en cuanto a esta variable fue el tratamiento T1 (arena fina 50% y tierra negra 50%) con una media de 14.29 % que representa a 15 plantas germinadas de 105, el tercer tratamiento es T2 con una media de 7.62% que representa a 8 plantas germinadas de 105. Finalmente, el tratamiento testigo obtuvo los peores resultados con una media de 1.9% del porcentaje de germinación llegando a contabilizar solo 2 plantas germinadas. El porcentaje de germinación general es de 11.19 %. Se confirmó diferencias significativas en el indicador por el uso de los tratamientos, el mejor tratamiento es el T4 perteneciente al grupo homogéneo A, y el peor tratamiento viene a ser el testigo, perteneciente al grupo homogéneo D.

La desviación estándar de los porcentajes de germinación hallados en el tratamiento de arena fina en 50% y tierra negra en 50% es de 2.86, siendo mayor a

la resto de tratamientos, los cuales tienen una desviación estándar de 1.65. el tratamiento de arena fina en 50% y tierra negra en 50% presenta una mayor dispersión de datos.

5.1.3. Tiempo Promedio de Germinación

Tabla 5

Tabla de tiempo promedio de germinación

Tiempo medio de germinación					
Tratamientos	n	Medi a	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
p-valor	[0.00242]				
Arena fina (50%), tierra negra (50%)	3	38b	28	43	8.66
Arena fina (100%)	3	38b	28	43	8.66
Testigo (tierra agrícola)	3	93a	73	118	22.91
Tierra negra (100%)	3	38b	28	43	8.66
Total	12	51.75	28	118	27.48

Nota: Elaboración propia

En la tabla 5, se muestra que para la variable promedio del tiempo de germinación, la media general fue de 51.75; donde el tratamiento con tierra agrícola mostró el mayor promedio 93 en cuanto a tiempo promedio de germinación, en cambio el resto de los tratamientos mostraron una media de 38 días. El tiempo medio de germinación fue influenciado por el tratamiento ($p < 0.05$); el testigo (tierra agrícola) tuvo mayor tiempo promedio de germinación que el resto de los tratamientos, se obtuvieron dos grupos homogéneos, el grupo B siendo el mejor en cuanto a esta variable y el grupo A siendo el peor.

La desviación estándar de los puntajes de tiempo de germinación hallados en el tratamiento testigo (tierra agrícola) es de 22.91, siendo mucho mayor a la

desviación estándar de los demás tratamientos (8.66). El tratamiento de tierra agrícola presenta una mayor dispersión en los tiempos de germinación.

5.1.4. Tasa Media de Germinación

Tabla 6

Tabla de tasa media de germinación

Tasa media de germinación					
Tratamientos	n	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
p-valor				[0.0325]	
Arena fina (50%), tierra negra (50%)	3	0.03a	0.02	0.04	0.01
Arena fina (100%)	3	0.03a	0.02	0.04	0.01
Testigo (tierra agrícola)	3	0.01a	0.01	0.01	0
Tierra negra (100%)	3	0.03a	0.02	0.04	0.01
Total	12	0.02	0.01	0.04	0.01

Nota: Elaboración propia

En la tabla 6 se observa que la tasa media de germinación global fue de 0.02; pero el tratamiento con tierra agrícola mostró el menor promedio (0.01), en cambio el resto de los tratamientos mostraron un valor de 0.03. Teniendo en cuenta los bajos promedios, la desviación estándar indica un amplio rango de variación. La tasa media de germinación fue influenciada por el tratamiento ($p < 0.05$); pero no se mostraron diferencias significativas a la comparación de medias por la prueba post hoc de Tukey ($p > 0.05$) (ver tabla 6).

En cuanto a la tasa media de germinación, todos los tratamientos presentan una desviación estándar muy baja, siendo de 0 y 0.01, por ende, existe una mínima dispersión de datos en todos los tratamientos.

5.1.5. Coeficiente de Velocidad de Germinación

Tabla 7

Tabla de coeficiente de velocidad de germinación

Coeficiente de velocidad de germinación					
Tratamientos	n	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
p-valor			[0.0275]		
Arena fina (50%), tierra negra (50%)	3	2.74a	2.33	3.57	0.72
Arena fina (100%)	3	2.74a	2.33	3.57	0.72
Testigo (tierra agrícola)	3	0.84b	0	1.37	0.73
Tierra negra (100%)	3	2.74a	2.33	3.57	0.72
Total	12	2.26	0	3.57	1.06

Nota: Elaboración propia

En la tabla 7 se observa que El promedio del coeficiente de velocidad de germinación global fue de 2.26; pero el tratamiento con tierra agrícola mostró el menor promedio (0.84), en cambio el resto de los tratamientos mostraron un valor de 2.74. También se mostraron rangos amplios y mayor variación en el tratamiento con tierra agrícola. El coeficiente de velocidad de germinación fue influenciado por el tratamiento ($p < 0.05$).

En cuanto al coeficiente de velocidad de germinación, los puntajes obtenidos de los cuatro tratamientos presentan una desviación estándar similar, ya sea de 0.73 para el tratamiento testigo y de 0.72 para el resto. La dispersión de los puntajes del coeficiente de velocidad de germinación es similar en todos los casos.

5.2. Índices de Germinación

5.2.1. Índice de Tasa de Germinación

Tabla 8

Índice de tasa de germinación

Índice de tasa de germinación					
Tratamientos	n	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
p-valor			[0.000385]		
Arena fina (50%), tierra negra (50%)	3	0.39a	0.27	0.51	0.12
		b			
Arena fina (100%)	3	0.2bc	0.2	0.2	0
Testigo (tierra agrícola)	3	0.02c	0	0.04	0.02
Tierra negra (100%)	3	0.57a	0.47	0.71	0.13
Total	12	0.3	0	0.71	0.23

Nota: Elaboración propia

En la tabla 8 se observa que El índice de tasa de germinación global fue de 0.3; pero el tratamiento con tierra agrícola mostró el menor promedio (0.02), seguido por arena fina, arena fina (50%) - tierra negra (50%) y tierra negra. También se mostraron rangos amplios de variación, evidenciado en las elevadas desviaciones estándar. El índice de tasa de germinación fue influenciado por el tratamiento ($p < 0.05$); se obtuvieron 3 grupos homogéneos, donde el tratamiento con tierra negra perteneciente al grupo homogéneo A obtuvo el mayor valor en comparación al tratamiento con arena fina y tierra negra perteneciente al grupo B, que mostraron los menores valores y finalmente testigo y arena fina pertenecen al grupo c teniendo las medias más bajas de la variable.

En cuanto al índice de tasa de germinación, la desviación más alta se ve en los tratamientos de tierra negra al 100% y arena fina al 50% con tierra negra al 50%. (0.13 y 0.12 respectivamente. El tratamiento testigo muestra una mínima dispersión

de datos con una desviación estándar de 0.02 y el tratamiento de arena fina al 100% no muestra ninguna dispersión.

5.2.2. Índice de Germinación de Timson

Tabla 9

Tabla de germinación de Timson

Índice de germinación Timson					
Tratamientos	N	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
p-valor	[0.0000139]				
Arena fina (50%), tierra negra (50%)	3	0.12b	0.1	0.15	0.02
Arena fina (100%)	3	0.08b	0.07	0.1	0.01
Testigo (tierra agrícola)	3	0.02c	0	0.02	0.01
Tierra negra (100%)	3	0.19a	0.17	0.19	0.01
Total	12	0.1	0	0.19	0.07

Nota: Elaboración propia

En la tabla 9 se observa que el índice de germinación de Timson global fue de 0.1; pero el tratamiento con tierra agrícola mostró el menor promedio (0.02), seguido por arena fina con una media de 0.08, tierra negra y arena fina (50%) - tierra negra (50%) y el mejor es tierra negra con una media de 0.19. También se mostraron rangos amplios de variación, evidenciado en las elevadas desviaciones estándar. El índice de germinación de Timson fue influenciado por el tratamiento ($p < 0.05$); el tratamiento con tierra negra tuvo el mayor valor en comparación al resto de los tratamientos; mientras que el testigo (tierra agrícola) mostró el menor valor.

En cuanto al índice de germinación Timson, la desviación estándar de todos los tratamientos es mínima, siendo de 0.02 para el tratamiento Arena fina al 50% con tierra negra al 50% y de 0.01 para el resto de tratamientos.

5.3. Temperatura y Humedad

5.3.1. Temperatura

Tabla 10

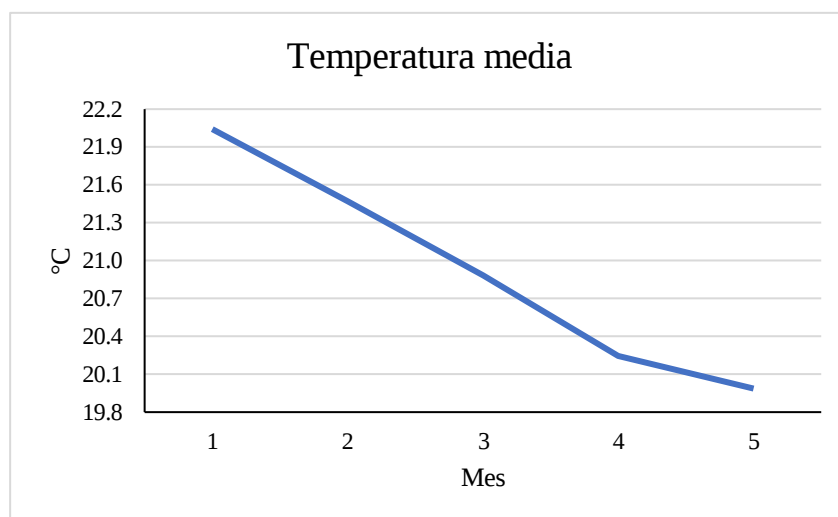
Tabla de temperatura

Mes	Temperatura media	SD - Temperatura
1	22.0	1.4
2	21.5	1.7
3	20.9	1.3
4	20.2	1.2
5	20.0	0.6
Total	21.0	1.5

Nota: Elaboración propia.

Figura 8

Temperatura media del experimento



Nota: Elaboración propia.

La temperatura promedio en la investigación es de 21.0 °C, La temperatura fue disminuyendo desde el inicio de la evaluación hasta el final. Pasando de 22 °C a

20 °C; disminuyendo en cerca de 2 °C en todo el periodo de evaluación (ver tabla 10).

5.3.2. Humedad

Tabla 11

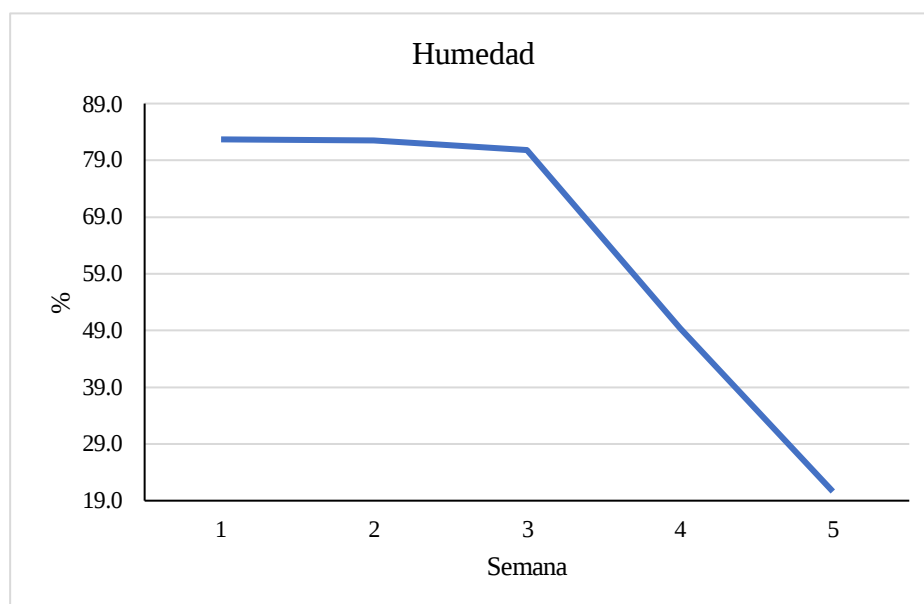
Humedad

Mes	Humedad	SD – Humedad
1	82.7	1.7
2	82.5	2.2
3	80.8	2.0
4	49.4	30.4
5	20.6	1.0
Total	68.7	25.2

Nota: Elaboración propia.

Figura 9

Humedad del experimento



Nota: Elaboración propia.

La humedad promedio de la investigación es de 68.7%, la humedad fue disminuyendo desde el inicio de la evaluación hasta el final, pasando de 82.7% a 20.6%; disminuyendo en cerca de 62 % en todo el periodo de evaluación (ver tabla 11).

VI. Discusión de Resultados

6.1. Características Germinativas

6.1.1. Tiempo de Latencia

En el estudio para conocer las características germinativas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) según tres sustratos se evaluó el tiempo de latencia, confirmando que existen variaciones significativas según el análisis de Varianzas cuyo $p\text{-valor}=0.00137$. Frente a lo mencionado se confirma la hipótesis planteada que indica que las características germinativas varían según el tipo de sustrato utilizado. Estos resultados coinciden con un estudio que evalúa el efecto de sustratos haciendo uso de Turba, tierra y arena, el análisis confirmó que el efecto de los sustratos en el tiempo de latencia es significativo, $p\text{-valor}<0.05$, siendo el sustrato B0 (Turba 100%) el más óptimo en este aspecto (León, 2020), así mismo se evaluaron diferentes sustratos pretratados, incluidas las cortezas de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*, para mejorar la germinación de semillas. Se observaron que el sustrato tradicional, como la tierra agrícola, presentó un mayor tiempo de latencia en comparación con los otros sustratos analizados, lo que sugiere que estos últimos pueden reducir el tiempo de latencia. Los resultados también mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0.05$), lo que permitió la formación de grupos homogéneos en términos de latencia, similar al comportamiento observado en el estudio (Escobar et al., 2023).

6.1.2. Porcentaje de Germinación

En el presente estudio para conocer las características germinativas según tres sustratos se evaluó el porcentaje de germinación, confirmando que existen variaciones significativas según el análisis de varianzas cuyo $p\text{-valor}=0.0000159$. Estos resultados coinciden con una investigación obtuvo un mismo nivel

estadísticamente en cuanto a la comparación de medias de Duncan, estos sustratos son el sustrato B0 (turba) y el sustrato B1 (turba 4, tierra del lugar y arena 1), pero matemáticamente el mejor sustrato es la turba con una media de 75.87% siendo superior al otro por 0.07%. En este contexto, se puede inferir que el uso de tierra negra favorece notablemente el porcentaje de germinación, por lo tanto, es importante fomentar esta estrategia para favorecer y mejorar la calidad de resultados en la germinación de estas semillas (León 2020), asimismo, Se evalúa los sustratos en plántulas de *Myrcianthes discolor* confirmando efectos de sustratos en el porcentaje de emergencia (Anova con Sig>0.05), el sustrato que incluye tierra negra y arena logró un 91.25% en este indicador siendo el más efectivo (Cabanillas, 2025), por otra parte, también se coincide reconociendo efectos en el porcentaje de germinación favorables mediante el tratamiento de arena de río con tamo y humus al 40%, 20% y 40% respectivamente (Castro, 2023)

6.1.3. Tiempo de Germinación

En el presente estudio para conocer las características germinativas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) según tres sustratos se evaluó el tiempo promedio de germinación, confirmando que existen variaciones significativas según el análisis de varianzas cuyo p-valor=0.00242. Estos resultados coinciden con un estudio que obtuvo resultados donde el menor tiempo de germinación para su investigación es de 7 días. En cuanto a los tratamientos el mejor es el B0 (turba) y B1 (turba 4, tierra de lugar 2 y arena 1) teniendo una media de 6.5 días. En ese sentido, del análisis de hallazgos se puede inferir que el aporte de los sustratos es importante al reducir de forma notable el tiempo de germinación, llegando a culminar este proceso en menos de la mitad de tiempo, indistintamente del uso de tierra negra, arena fina o una combinación de los 2 (León, 2020), asimismo se evalúa los

sustratos en plántulas de *Myrcianthes discolor* confirmando efectos de sustratos en el tiempo medio de germinación (Anova con $\text{Sig} > 0.05$) siendo el de tierra negra con arena el más recomendable por los resultados favorables (Cabanillas, 2025).

6.1.4. Tasa Media de Germinación

En el presente estudio para conocer las características germinativas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) según tres sustratos se evaluaron las tasas de germinación, confirmando que existen variaciones significativas según el análisis de varianzas cuyo $p\text{-valor} = 0.0325$. Estos resultados coinciden con un estudio que analiza el uso de cortezas pretratadas de *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* como sustratos para la germinación de semillas y mostró que las tasas de germinación fueron influenciadas por el tratamiento ($p < 0.05$), aunque no se observaron diferencias significativas entre medias comparadas por el método de Tukey ($p > 0.05$). Los sustratos alternativos presentaron mejores tasas de germinación en comparación con el sustrato tradicional de tierra agrícola (Escobar et al., 2023), en este sentido, según los hallazgos y comparaciones previas, se puede analizar que la tasa media de germinación es un factor que también es influenciado por el uso de sustratos en contextos de plantaciones en invernadero, sin embargo, es apremiante que las variaciones en esta característica no son muy marcadas como en el caso de las otras características organolépticas.

6.1.4. Coeficiente de Velocidad de Germinación

En el presente estudio para conocer las características germinativas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) según tres sustratos se evaluó el coeficiente de velocidad de germinación, confirmando que existen variaciones significativas según el análisis de varianzas cuyo $p\text{-valor} = 0.0275$. Estos resultados coinciden con un estudio que evalúa el efecto de distritos sustratos en las semillas

de Kiri, concluyendo que el uso de estos tiene efectos en una germinación más rápida y eficiente, siendo el sustrato más óptimo el B0 de turba al 100%, la diferencia en la velocidad de germinación fue significativa $p\text{-valor} < 0.05$ (León, 2020), los tratamientos fueron clasificados en dos grupos homogéneos, donde la tierra agrícola pertenecía al grupo con menor rendimiento. De los hallazgos indicados se puede realizar un análisis inferencial destacando el aporte de los sustratos en este indicador, que resulta importante para el beneficio del desarrollo de la planta en viveros.

6.2. Índices de Germinación

6.2.1. Índice de Tasa de Germinación

En el presente estudio para conocer los índices de germinativas de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) según tres sustratos se evaluó el índice de tasa de germinación, confirmando que existen variaciones significativas según el análisis de varianzas cuyo $p\text{-valor} = 0.000385$. Estos resultados coinciden con un estudio sobre sustratos pretratados para la germinación de semillas de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, se observó que el índice de tasa de germinación fue significativamente influenciado por el tratamiento aplicado ($p < 0.05$). Los sustratos alternativos, como las cortezas pretratadas, mostraron un mayor índice de germinación en comparación con la tierra agrícola, la cual presentó el valor más bajo. El análisis permitió identificar tres grupos homogéneos, con los sustratos alternativos destacándose por tener los valores más altos en comparación con la tierra agrícola, que formó parte del grupo con los índices más bajos (Escobar et al., 2023), en tal sentido, conforme a lo mencionado, se puede confirmar que los sustratos pueden representar un factor favorable que aporte significativamente en la

tasa de germinación, sin embargo, en esta característica germinativa en específico, la arena fina no muestra resultados importantes, mientras que la tierra negra sí.

6.2.2. Índice de Germinación de Timson

En el presente estudio para conocer los índices de germinación de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) según tres sustratos se analizó el índice de germinación de Timson, confirmando que existen variaciones significativas según el análisis de varianzas cuyo $p\text{-valor}=0.0000139$. Estos resultados coinciden con un estudio de en su estudio que evaluó efectos de sustratos en la germinación en semillas evaluando tanto los tiempos en los que se produce la germinación como el número de semillas germinadas, si bien el estudio no analiza el índice de Timson, se evalúan estos dos componentes del indicador por separado, confirmando que los sustratos tienen influencia significativa en la mejora de estas características germinativas ($p<0.05$) (León, 2020), bajo este contexto, conforme a los hallazgos y comparaciones realizadas, se puede confirmar que el uso de sustratos genera mejoras importantes en el proceso de germinación de la Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*), destacando el uso de tierra negra, por lo tanto, es recomendable fomentar su uso, así como el conocimiento de la efectividad de esta estrategia.

VII. Conclusiones

El estudio mostró diferencias significativas entre los sustratos en cuanto a la cantidad de plantas germinadas de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*). El sustrato tierra negra al 100% es el más beneficioso ya que logró el porcentaje de germinación más alto (20.95%), así como la mayor tasa de germinación (0.57) con 20 plantas germinadas mientras que la mezcla de tierra negra con arena fina, arena fina al 100% y el tratamiento testigo solo registraron 15, 8 y 2 plantas germinadas respectivamente. El ANOVA confirmó que uso de los sustratos puede influir en la latencia (p-valor=0.00137), donde el tratamiento testigo obtuvo un mayor promedio que el resto, así como en el porcentaje de germinación, (p-valor=0.0000159) siendo el tratamiento con tierra negra al 100% el que obtuvo valores más altos (20.95% de promedio), a su vez en el tiempo medio de germinación (p-valor=0.00242) y en el coeficiente de velocidad de germinación (p-valor=0.0275), donde los tres tratamientos con sustratos mostraron un coeficiente de velocidad de 2.74 mientras que el tratamiento testigo obtuvo una velocidad de 0.84.

En cuanto a los índices de germinación, también se observan efectos significativos por el uso de los sustratos, el sustrato compuesto por tierra negra al 100% presenta el mayor índice de tasa de germinación, siendo de 0.57, el ANOVA confirma diferencias significativas con los otros sustratos (p-valor=0.000385). De manera similar, el índice de germinación de Timson fue mayor en plantas con tratamientos haciendo uso de tierra negra al 100%, el análisis de varianza confirmó diferencias significativas (p-valor=0.0000139). Estos resultados sugieren que la tierra negra, al presentar los valores más altos en ambos índices de germinación, es el sustrato más adecuado para favorecer un proceso germinativo eficiente. La consistencia en los resultados, respaldada por los bajos valores de significancia del

ANOVA, y las pruebas post-hoc de Tukey indica que las diferencias observadas no son producto del azar.

VIII. Recomendaciones

1. Luego de realizar el presente trabajo, se recomienda emplear “tierra negra” para procesos germinativos de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en el distrito de San Jerónimo de la ciudad de Andahuaylas puesto que el uso de tierra negra como sustrato presentó los mejores resultados en características germinativas y en índices de germinación, contando con 22 plantas germinadas frente a 15 plantas germinadas mediante el compuesto de 50% de tierra negra y 50% de arena fina, 8 plantas mediante el compuesto de solo arena fina y 2 plantas mediante el tratamiento testigo.

2. Se recomienda incluir en futuros trabajos de investigación el análisis del efecto de temperaturas y humedades relativas para identificar su efecto en la germinación de la planta, favoreciendo en la identificación de características óptimas para el proceso de producción de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*).

3. Se recomienda continuar con el proceso de producción de Shan Tong (*Paulownia fortunei x tomentosa*) en condiciones de la ciudad de Andahuaylas y alrededores, ya que la planta, presenta un proceso de introducción gradual a la flora peruana por parte de entidades gubernamentales, ya que posee buenos índices de producción y hace frente al proceso de cambio climático que continuará en un futuro.

IX. Referencias Bibliográficas

- Agronoticias reista. (2019). *Nuevo Imperial reforesta con árboles de kiri*.
Agronoticias.
- Agronoticias. (2022). *FAO: Consumo global de madera crecería 37% para 2050*.
Revista Agronoticias.
- Agrorural. (2010). *Ministerio de Agricultura incorporará árbol de crecimiento rápido a la Campaña Nacional de Forestación del 2010 – AGRO RURAL*.
- Anicua, R., Gutierrez, M., Sánchez, P., Ortiz, C., Volke, V., & Rubiños, J. (2009).
Tamaño de partícula y relación micro morfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. Agricultura técnica en México.
- Ansari, f., & Ksiksi, T. (2016). A quantitative assessment of germination parameters:
The case of *Crotalaria persica* and *Tephrosia apollinea*. *RuralMov*, 1(4), 1-15.
- Ardiles, H. (2019). *Evaluación de diferentes sustratos en la propagación de bambú (Guadua angustifolia Kunth) en Kepashiato – Echarati - La Convención – Cusco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco].
Retrieved 10 de 10 de 2024, from <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5120>
- Azcón, J., & Talón, M. (1993). *Fisiología y bioquímica vegetal*.
- Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila. (2021). *Catálogo de Semillas Forestales del Banco de Germoplasma Vegetal Coahuila*. https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2021/06/CATALOGO_SEMILLASSb.pdf
- Benavides, H., & León, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bibl. IDEAM.
<https://www.studocu.com/co/document/institucion-educativa-departamental-san-bernardo/ciencia-y-tecnologia/gases-de-efecto-invernadero-y-el-cambio-climatico/20751250>

- Bewley, J., & Black, M. (1978). *Physiology of Development and Germination* 2da ed.
- Cabanillas, J. (2025). *Efecto de diferentes sustratos en la germinación, emergencia y crecimiento en plántulas de Myrcianthes discolor (Kunth) McVaugh en Chota*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Chota].
<https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/99246bfe-695b-4b3a-bc53-0896995fa042/content>
- Cardenas, Y. (2015). *Efectos de sustratos a base de residuos agrícolas, en el cultivo del hongo comestible Pleorotus ostreatus <Jacquin Fries>, Kummer, distrito de Santa Ana, La Convención*. [Tesis de grado, Universidad San Antonio Abad del Cusco]. Retrieved 10 de 10 de 2024, from
<http://hdl.handle.net/20.500.12918/140>
- Castellanos, M. (2018). *Comparativo de seis sustratos mezcla en el enraizamiento y crecimiento inicial de dos patrones de rosas (Rosa canina. L) utilizando el bioregulador Root Hor*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Retrieved 10 de 10 de 2024, from
<http://hdl.handle.net/20.500.12918/3696>
- Castro, J. (2023). *Evaluación de tres sustratos para mejorar el proceso de germinación en arazá (Eugenia stipitata) bajo condiciones de vivero*. [tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CASTRO%20ANCHUNDIA%20JEAN%20CARLOS.pdf>
- Collie, S. (2022). *Germination Rates - What Do They Actually Mean?*
<https://seedsnsuch.com/blogs/gardeners-greenroom/germination-rates-what-do-they-actually-mean>

- Côme, D. (1970). *Les obstacles à la germination. Monographies de Physiologie Vegetale.*
- Courtis, A. (2013). *Germinación de semillas.*
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>
- Cruz, E., Can, Á., Sandoval, M., Bugarin, R., Robles, A., & Juarez porfirio. (2013). Substrates in Horticulture. *Revista Bio Ciencias*, 5(2), 17-26.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15741/revbio.02.02.03>
- Dávila, J., & Martinez, E. (2016). *Casos donde la definición de humedad relativa da lugar a interpretaciones incorrectas.*
<https://www.cenam.mx/sm2016/pdf/1878.pdf>
- De Grázia, J., Tiftonell, P., & Chiesa, Á. (2011). *Fertilización nitrogenada en plantines de pimiento (Capsicum annum L.) cultivados en sustratos con diferentes proporciones de materiales compostados.*
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 1-12.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011
- Durán, L., & Enríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense. Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281.
- Efecto de diferentes sustratos en la germinación, emergencia y crecimiento en plántulas de Myrcianthes discolor (Kunth) McVaugh en Chota.* (2025). [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].

<https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/99246bfe-695b-4b3a-bc53-0896995fa042/content>

Escobar, D., Ferrer, V., Bravo, G., Reyes, P., Elissetche, J., Santos, J., Fuentealba, C., & Cabrera, G. (2023). Pretreated Eucalyptus globulus and Pinus radiata Barks:. *Forests*, 14(1), 1-21. <https://doi.org/10.3390/f14050991>

FAO. (1991). *Guía para la Manipulación de las Semillas Forestales. Estudio FAO Montes. Roma, Italia.*

Fernández, H., Óliver, J., Lerma, V., García, M., & Raigón, M. (2017). Estudio de Paulownia spp. Como cultivo forestal de rotación corta para fines energéticos en condiciones mediterráneas. *Madera y bosques*, 23(3), 2-11.

Flórez, A., & Méndez, J. (2021). *Evaluación cuantitativa de la germinación de Quercus variabilis Blume en tres tamaños de semilla.*

Greemap. (2019). *Paulownia: Características de la madera.*

Guarnizo, B. F. (2023). *Propagación asexual de Paulonia tomentosa (Thunb) Steud. a partir de esquejes de raíz en el vivero de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja].

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/28216>

Gutiérrez, J., & Ocaña, R. (2009). *Manual para el cultivo de Paulownia Elongata.*

Hernández, O., Sahagún, A., Dominguez, J., & Garay, B. (2006). *Organogénesis indirecta y enraizamiento "in vitro" de " Paulownia.* [tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés].

<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25568/T-2819.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hsu, F., Nelson, C., & Chow, W. (1984). A mathematical model to utilize the logistic function in germination and seedling growth. *Journal of experimental botany*, 35(11), 1629-1640.
- Instituto de Bienestar Rural. (1977). *Manual Básico de Cultivo de KIRI (Paulownia sp.)*. Paraguay: Publicaciones de Extensión Agraria. IBRBibl.
- Inzunza, J. (2019). *Meteorología descriptiva*. Universitaria.
<https://www2.udec.cl/~jinzunza/meteo/cap1.pdf>
- Kasamaki, P. (2007). *La Paulownia sp. como base de los cultivos energéticos*.
- Khan, M., & Ungar, I. (1998). Germination of the salt tolerant shrub Suaeda fruticosa from Pakistan: Salinity and temperature responses. *Seed Sci. & Technol*, 1(26), 657-667.
- Lenscak, M., & Iglesias, N. (2019). *Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino*. Inta Ediciones.
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/136656/mod_resource/content/1/inta_-_invernaderos.pdf
- León, T. (2020). *Aplicación de dos tratamientos pre – germinativos en semillas de kiri (Paulownia tomentosa) bajo distintos tipos de sustrato en la comunidad de araña del municipio de Apolo – La Paz*. [Tesis de grado - Universidad Mayor de San Andrés]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25568>
- Lourdes, Z., & Alma, S. (1996). *Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda Brachystachya*.
- Lucas, M., Martínez, E., López, F., Abellan, M., García, F., & Pérez, D. (2011). *El cultivo forestal de Paulownia spp: Primeros resultados de su aplicación en Castilla de la Mancha*.

- Macías, R., Gonzáles, E., Cavarrubias, G., Natera, F., López, P., & López, M. (2010). *Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo de agave tequilero. Interciencia. Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento.*
- Matilla, A. (2008). *Desarrollo y germinación de las semillas.*
<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2016/08/matilla-2008.pdf>
- Moráles, E., & Casanova, F. (2015). *Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. Agronomía Mesoamericana.*
- Muñoz, F., & Cancino, J. (2014). *Antecedentes de Paulownia elongata x fortunei para la producción de bioenergía.*
- Ortega, L., Sánchez, J., Ocampo, J., Sandoval, E., Salcido, B., & Manzo, F. (2010). *Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai.*
- Paniura, M. (2022). *Comportamiento y rendimiento de tres variedades de tomate cherry (Solanum lycopersicum L) en condiciones de invernadero – Abancay– 2020.* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de los Andes].
https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bbd4ff6e-6cce-4751-aaa1-82c75a5dacda/content?utm_source=chatgpt.com
- Paulownia Profesional. (2018). *Paulownia, el árbol que mas rápido crece del mundo.*
<https://paulownia.pro/paulownia/>
- Quintero, C., & Acosta, A. (2020). *Evaluación de crecimiento en vivero con tres sustratos y un enraizante natural en la especie Paulownia Elongata en el municipio de Villavicencio – Meta.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34975>

Quiróz, I., García, E., Gonzales, M., Chung, P., & Soto, H. (2009). *Vivero forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta.*

Rodríguez, I., Duran, J., & Adam, G. (2008). *Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas.*

<https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/37372/1/articulo%20definitivo%20agricultura%20nov.pdf>

Rodríguez, S., Vergara, M., Ramos, J., & Sainz, C. (2002). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales.*

Rojas, P. (2016). *Texto guía de botánica sistemática, Universidad Mayor de San Andrés.* <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-de-san-andres/fisiologia-vegetal/guia-botanica-sistemica-rjpf/77793044>

Ruíz, I., & Mallen, E. (2022). *Efecto fisiológico del tipo de sustrato en el crecimiento y desarrollo de plantas de Paulownia elongata S.Y. Hu. En condiciones semi-controladas.* <https://hdl.handle.net/20.500.12753/4439>

Sedder. (2003). *The Paulownia Tree, an alternative for sustainable forestry.*

Valencia, U. P. (2003). *Tema 16: Germinación de semillas.*

Valenzuela, O., Gallardo, C., Carponi, M., Aranguren, M., Tabares, H., & Barrera, M. (2014). Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento. Tamaño de partícula y relación micro morfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. Agricultura técn. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 5(15), 2-14.

Van, A., & Matarrese, C. (2006). *Agricultura organica. El suelo: Sus componentes físicos.*

Vergara, R., & Caycho, N. (2024). Efecto de tres dosis de bioestimulante con dos tipos de sustrato en la propagación asexual de estacas de pitahaya roja (*Hylocereus hybridum*), bajo condiciones de invernadero, Independencia – Huaraz - Ancash. *Porte Santiaguino*, 17(1), 1-15.

https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/1140/1255

Zevallos, M. S. (2018). *Biol yácidos humícos en la propagación sexual de Paulownia (Paulownia tomentosa) bajo condiciones de invernadero. Arequipa, Perú.*
[Tesis de grado, Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7988>

Zhao, Z., Xin, L., & Yao, X. (1986). Paulownia in China: Cultivation and utilization: The Chinese Academy of Forestry staff. Beijing, China: Asian Network for Biological Sciences and International Development Research Centre.
Economic botany, 42(1), 282-283.

Anexos

a. Datos de campo

Tabla 1.

Número de plantas germinadas por sustrato

Sembrados	Num.	Mezcla			Tierra agrícola
		Tierra negra	(t. negra-arena fina)	Arena fina	
12/08/2023	1	0	0	0	0
13/08/2023	2	0	0	0	0
14/08/2023	3	0	0	0	0
15/08/2023	4	0	0	0	0
16/08/2023	5	0	0	0	0
17/08/2023	6	0	0	0	0
18/08/2023	7	0	0	0	0
19/08/2023	8	0	0	0	0
20/08/2023	9	0	0	0	0
21/08/2023	10	0	0	0	0
22/08/2023	11	0	0	0	0
23/08/2023	12	0	0	0	0
24/08/2023	13	0	0	0	0
25/08/2023	14	0	0	0	0
26/08/2023	15	0	0	0	0
27/08/2023	16	0	0	0	0
28/08/2023	17	0	0	0	0
29/08/2023	18	0	0	0	0

30/08/2023	19	0	0	0	0
31/08/2023	20	0	0	0	0
1/09/2023	21	0	0	0	0
2/09/2023	22	0	0	0	0
3/09/2023	23	0	0	0	0
4/09/2023	24	1	0	0	0
5/09/2023	25	0	0	0	0
6/09/2023	26	0	0	0	0
7/09/2023	27	1	0	0	0
8/09/2023	28	0	2	0	0
9/09/2023	29	0	0	0	0
10/09/2023	30	0	0	0	0
11/09/2023	31	1	0	0	0
12/09/2023	32	0	0	0	0
13/09/2023	33	0	1	0	0
14/09/2023	34	0	0	0	0
15/09/2023	35	0	0	0	0
16/09/2023	36	0	0	0	0
17/09/2023	37	1	0	0	0
18/09/2023	38	0	2	0	0
19/09/2023	39	0	0	0	0
20/09/2023	40	0	0	0	0
21/09/2023	41	1	0	0	0
22/09/2023	42	0	2	0	0
23/09/2023	43	2	0	0	0

24/09/2023	44	0	1	2	0
25/09/2023	45	0	0	1	0
26/09/2023	46	3	1	0	0
27/09/2023	47	0	1	0	0
28/09/2023	48	0	0	1	0
29/09/2023	49	0	0	0	0
30/09/2023	50	2	0	0	0
1/10/2023	51	0	2	1	0
2/10/2023	52	0	0	0	0
3/10/2023	53	0	1	2	2
4/10/2023	54	1	0	0	0
5/10/2023	55	1	0	0	0
6/10/2023	56	0	0	0	0
7/10/2023	57	2	1	1	0
8/10/2023	58	1	0	0	0
9/10/2023	59	0	1	0	0
10/10/2023	60	3	0	0	0
11/10/2023	61	2	0	0	0
Total		22	15	8	2
Celdas sembradas		105	105	105	105

Fuente: Datos obtenidos en trabajo de campo

Tabla 2.

Datos de control de temperatura y Humedad relativa en invernadero

N	fecha	Temperatura (°C)			Humedad relativa (HR)		
		9	15	Promedio	8	15	Promedio
		horas	horas		horas	horas	
1	12/08/2023	13.00	28.00	20.50	88.00	74.00	81.00
2	13/08/2023	12.50	30.00	21.25	90.00	78.00	84.00
3	14/08/2023	15.00	33.00	24.00	92.00	76.00	84.00
4	15/08/2023	13.00	31.00	22.00	91.00	75.00	83.00
5	16/08/2023	15.00	33.00	24.00	90.00	74.00	82.00
6	17/08/2023	14.50	31.00	22.75	89.00	77.00	83.00
7	18/08/2023	13.00	29.00	21.00	87.00	79.00	83.00
8	19/08/2023	12.50	28.00	20.25	90.00	76.00	83.00
9	20/08/2023	14.00	31.00	22.50	94.00	74.00	84.00
10	21/08/2023	13.00	28.00	20.50	93.00	74.00	83.50
11	22/08/2023	12.50	30.00	21.25	91.00	72.00	81.50
12	23/08/2023	15.00	33.00	24.00	87.00	76.00	81.50
13	24/08/2023	13.00	31.00	22.00	92.00	79.00	85.50
14	25/08/2023	15.00	33.00	24.00	87.00	75.00	81.00
15	26/08/2023	14.50	31.00	22.75	88.00	78.00	83.00
16	27/08/2023	13.00	29.00	21.00	91.00	75.00	83.00
17	28/08/2023	12.50	28.00	20.25	89.00	79.00	84.00
18	29/08/2023	14.00	31.00	22.50	91.00	76.00	83.50
19	30/08/2023	17.00	30.50	23.75	79.00	73.00	76.00
20	31/08/2023	16.00	28.00	22.00	94.00	74.00	84.00

21	1/09/2023	17.50	28.00	22.75	93.00	74.00	83.50
22	2/09/2023	15.50	29.50	22.50	92.00	72.00	82.00
23	3/09/2023	13.50	26.00	19.75	87.00	76.00	81.50
24	4/09/2023	12.00	26.00	19.00	88.00	74.00	81.00
25	5/09/2023	12.50	30.00	21.25	90.00	78.00	84.00
26	6/09/2023	15.00	33.00	24.00	92.00	76.00	84.00
27	7/09/2023	13.00	31.00	22.00	91.00	75.00	83.00
28	8/09/2023	15.00	33.00	24.00	90.00	74.00	82.00
29	9/09/2023	14.50	31.00	22.75	89.00	77.00	83.00
30	10/09/2023	13.00	29.00	21.00	87.00	79.00	83.00
31	11/09/2023	12.50	28.00	20.25	90.00	76.00	83.00
32	12/09/2023	14.00	31.00	22.50	94.00	74.00	84.00
33	13/09/2023	17.00	30.50	23.75	93.00	74.00	83.50
34	14/09/2023	16.00	28.00	22.00	92.00	72.00	82.00
35	15/09/2023	17.50	28.00	22.75	87.00	76.00	81.50
36	16/09/2023	15.50	29.50	22.50	88.00	74.00	81.00
37	17/09/2023	13.50	26.00	19.75	90.00	78.00	84.00
38	18/09/2023	12.00	28.00	20.00	92.00	76.00	84.00
39	19/09/2023	12.00	30.00	21.00	91.00	75.00	83.00
40	20/09/2023	12.00	26.00	19.00	92.00	76.00	84.00
41	21/09/2023	13.40	23.00	18.20	94.00	74.00	84.00
42	22/09/2023	15.00	27.00	21.00	93.00	74.00	83.50
43	23/09/2023	14.00	33.00	23.50	92.00	72.00	82.00
44	24/09/2023	12.00	23.50	17.75	87.00	76.00	81.50
45	25/09/2023	15.50	32.00	23.75	88.00	74.00	81.00

46	26/09/2023	12.00	27.00	19.50	90.00	78.00	84.00
47	27/09/2023	13.00	26.50	19.75	92.00	76.00	84.00
48	28/09/2023	14.40	28.00	21.20	91.00	75.00	83.00
49	29/09/2023	14.00	30.00	22.00	90.00	74.00	82.00
50	30/09/2023	13.00	28.00	20.50	89.00	77.00	83.00
51	1/10/2023	12.50	30.00	21.25	87.00	79.00	83.00
52	2/10/2023	15.00	33.00	24.00	85.00	78.00	81.50
53	3/10/2023	13.00	31.00	22.00	92.00	79.00	85.50
54	4/10/2023	15.00	33.00	24.00	87.00	75.00	81.00
55	5/10/2023	14.50	31.00	22.75	88.00	78.00	83.00
56	6/10/2023	13.00	29.00	21.00	91.00	75.00	83.00
57	7/10/2023	12.50	28.00	20.25	89.00	79.00	84.00
58	8/10/2023	14.00	31.00	22.50	91.00	76.00	83.50
59	9/10/2023	17.00	30.50	23.75	79.00	73.00	76.00
60	10/10/2023	16.00	28.00	22.00	77.00	73.00	75.00
61	11/10/2023	15.50	29.50	22.50	82.00	75.00	78.50

Fuente: Datos obtenidos en trabajo de campo

b. Análisis de sustratos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS
 Nº0187-23-LAQ

SOLICITANTE : SABINO RODRIGUEZ ALLCCA
 PROYECTO : GERMINACION
 MUESTRA : 1.- TIERRA NEGRA
 2.- MEZCLA ARENA FINA Y TIERRA NEGRA
 3.- ARENA FINA
 ANALISIS : CARACTERIZACION
 FECHA : 0/23/05/2023

RESULTADO ANALISIS:

	1	2	3
pH	5.85	6.50	8.15
C.E. mmhos/cm	0.21	0.38	0.39
Materia Orgánica %	16.80	9.92	0
Nitrógeno %	0.58	0.29	0.02
Fosforo %	0.84	0.56	0.01
Potasio %	0.29	0.22	0.02

QUIMICA AGRICOLA I, SUELOS Y FERTILIZANTES, E.
 Primo Yufera, J.L. Carrasco Dorrien.
 Cusco, 30 de Mayo 2023


 Laboratorio de Análisis Químico
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Analíticos
 Responsable del Laboratorio de Análisis Químico

Informe de análisis de caracterización de sustratos tierra negra, mezcla y arena fina



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : SERGIO MEDINA QUISPE

PREDIO : SERGIO MEDINA QUISPE

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 419-01S -2023

LUGAR : Andahuaylas

FECHA DE RECEP. : 14/04/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES
MUESTRA : MUESTRA N. 01 -

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	73.50	%		
Limo	14.33	%		
Arcilla	12.17	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARENOSO			
Porcentaje de Saturación de Agua	33.50	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	0.03	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	2.74	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 25.9 °C	7.74		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	67.60	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.90	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.11	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	412.40	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amonio
Calcio	6.42	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	2.95	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.48	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.98	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
C.I.C.E	10.83	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	1.00	ppm.	MES - 018	FAAS
Zinc	0.62	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	31.68	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	18.38	ppm.	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro	1.76	ppm.	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
MES : Método Propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llamas.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Análisis químico de tierra agrícola

c. Registro sanitario

 中华人民共和国出入境检验检疫 ENTRY-EXIT INSPECTION AND QUARANTINE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA		正本 ORIGINAL
植物检疫证书 PHYTOSANITARY CERTIFICATE		共1页, 第1页 Page 1 of 1 编号 No.: 22200000038364001
发货人名称及地址 Name and Address of Consignor: HEEZE FORTUNE INTERNATIONAL CO., LTD. ROOM 403, NO.699, JIAOZHOU ROAD, HEZE, SHANDONG, CHINA		
收货人名称及地址 Name and Address of Consignee: ANTONIO FLORENTINO CASTRO LUNA JIRON MEQUECUA # 157, APARTMENT 311, CERCADO LIMA 31, PERU 31, SOUTH AMERICA		
品名 Name of Produce: PAULOWNIA HYBRID 9501	植物学名 Botanical Name of Plants: PAULOWNIA FORTUNEI X TOMENTOSA	
报检数量 Quantity Declared: 220 BAGS	标记及号码 Mark & No.: N/M	
包装种类及数量 Number and Type of Packages: 220 BAGS		
产地 Place of Origin: SHANDONG CHINA		
到达口岸 Port of Destination: PERU		
运输工具 Means of Conveyance: BY AIR	检验日期 Date of Inspection: 25 Jan 2022	
兹证明上述植物、植物产品或其他检疫物已经按照规定程序进行检查和/或检验,被认为不带有输入国或地区规定的检疫性有害生物,并且基本不带有其他的有害生物,因而符合输入国或地区现行的植物检疫要求。 This is to certify that the plants, plant products or other regulated articles described above have been inspected and/or tested according to appropriate procedures and are considered to be free from quarantine pests specified by the importing country/region, and practically free from other injurious pests; and that they are considered to conform with the current phytosanitary requirements of the importing country/region.		
杀虫和/或灭菌处理 DISINFESTATION AND/OR DISINFECTION TREATMENT		
日期 Date: ***	药剂及浓度 Chemical and Concentration: ***	
处理方法 Treatment: ***	持续时间及温度 Duration and Temperature: ***	
附加声明 ADDITIONAL DECLARATION *****		
	签发地点 Place of Issue: HEZE	签证日期 Date of Issue: 25 Jan 2022
授权签字人 Authorized Officer: GUO HAITAO	签名 Signature:	
中华人民共和国出入境检验检疫机关及其官员或代表不承担签发本证书的任何财政责任, No financial liability with respect to this certificate shall attach to the entry-exit inspection and quarantine authorities of the P. R. of China or to any of its officers or representatives.		
[c5-1(2018.4.20) * 1]		
		

Imagen 3. Registro sanitario

d. Registro fotográfico



Imagen 4. Medición de sustratos



Imagen 5. Preparación de sustratos



Imagen 6. Medición de temperatura y humedad



Imagen 7. Preparación de bandejas



Imagen 8. Bandejas de propagación en invernadero



Imagen 9. Germinación de plántulas

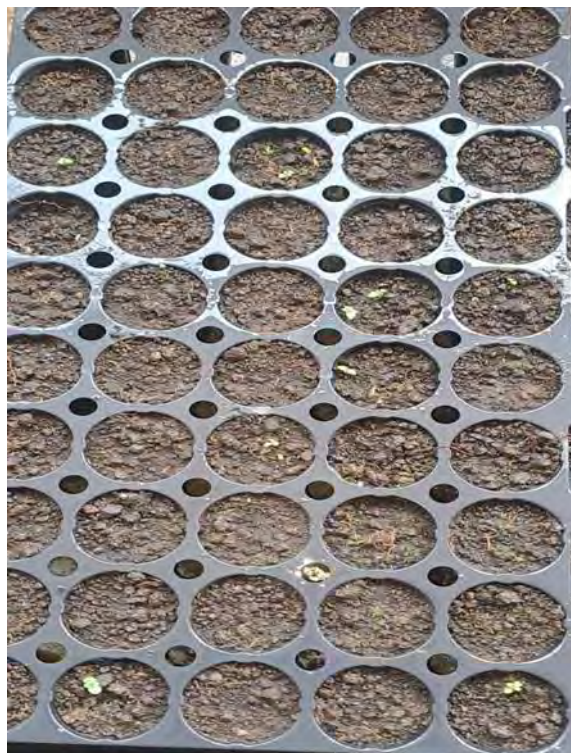


Imagen 10. Bandejas con plántulas germinadas