

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Escuela de Posgrado**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**EFEECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON  
DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA  
GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TARA  
(*Caesalpinia spinosa*) EN EL CEA III  
LOS PICHONES - TACNA, 2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**GLADYS MARLENE HUALPA COPA**

**Para optar el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TACNA - PERÚ**

**2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Escuela de Posgrado**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**EFFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON DIFERENTES  
SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE  
TARA (*Caesalpinia spinosa*) EN EL CEA III LOS PICHONES –  
TACNA, 2023**

Tesis sustentada y aprobada el 20 de junio del 2025; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Martín Eloy Casilla García

SECRETARIO :

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Tolomeo Raúl Soto Pérez

MIEMBRO :

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

ASESOR :

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra, en mi condición de asesor acreditado con Resolución de Escuela de Posgrado N° 12589-2023-ESPG/UNJBG Tacna, 24 de mayo del 2023, del trabajo de tesis titulado: **"EFECTO DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS CON DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) EN EL CEA III LOS PICHONES – TACNA 2023"**, presentado por la Srta. Gladys Marlene Hualpa Copa, para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias (*Magister Scientiae*) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajo de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es 8%.

Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis y está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes.

Se emite el presente certificado a solicitud del interesado con fines de continuar con los tramites respectivos para la obtención del Grado Académico de Maestro en Ciencias (*Magister Scientiae*) con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Tacna, 10 de febrero del 2025

FIRMA ASESOR  
Nombres y apellidos

.....  
nombre. Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra  
DNI: 30820494



FIRMA TESISTA  
Nombre y apellidos

.....  
nombre. Srta. Gladys Marlene Hualpa Copa  
DNI: 00793038



## DEDICATORIA

*A Dios, por permitirme ver el sol cada día, por guiarme, protegerme y cuidar de mi vida, y por darme fuerzas a pesar de las adversidades.*

*A mis padres, Mario Hualpa Yufra y Mercedes Copa de Hualpa, por apoyarme y guiarme con amor y comprensión en el camino de la vida.*

*A mi familia, en especial a mi hija Samanta, a quien quiero profundamente, con la esperanza de que este trabajo le sirva como ejemplo para su crecimiento y progreso en la vida.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero manifestar mi agradecimiento a todos los maestros que han formado parte de mi proceso de formación como Maestro, así como a mi asesor, el Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra, quien me motivó en el desarrollo de esta tesis.*

*A mis hermanos Marco, Carlos, Wilber, Tony, Yaneth, César (+), por su apoyo constante y desinteresado durante la realización de esta tesis.*

*Al Dr. Enderson Henry Cruz Mamani, al Ing. William Maquera Encinas y al Ing. Jorge Eduardo Gutiérrez Mamani, por su motivación y respaldo en el desarrollo de este trabajo de investigación.*

*A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, institución en la que realicé mi formación profesional y continué con mis estudios de maestría.*

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA.....                                  | iv   |
| AGRADECIMIENTO .....                              | v    |
| RESUMEN .....                                     | xiii |
| ABSTRACT .....                                    | xiv  |
| INTRODUCCIÓN .....                                | 1    |
| <br>  |      |
| CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....    | 3    |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA..... | 3    |
| 1.2. Formulación del problema.....                | 4    |
| 1.2.1. Problemas general.....                     | 4    |
| 1.2.2. Problemas específicos: .....               | 4    |
| 1.3. Justificación e importancia .....            | 4    |
| 1.4. Alcances y limitaciones .....                | 5    |
| 1.5. Objetivos.....                               | 6    |
| 1.5.1. Objetivo general .....                     | 6    |
| 1.5.2. Objetivos específicos .....                | 6    |
| 1.6. Hipótesis: .....                             | 6    |
| 1.6.1. Hipótesis general: .....                   | 6    |
| 1.6.2. Hipótesis específicas: .....               | 6    |
| <br>  |      |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....                  | 7    |
| 2.1. ANTECEDENTES .....                           | 7    |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales .....         | 7    |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales .....              | 11   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....                         | 15   |
| 2.2.1. Características generales de la Tara.....  | 15   |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.2.2.  | Clasificación taxonómica y descripción Botánica de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> ) | 16 |
| 2.2.3.  | Propagación  | 19 |
| 2.2.4.  | Propagación del cultivo de la tara   | 19 |
| 2.2.5.  | Características de las semillas de la tara   | 20 |
| 2.2.6.  | Recolección de semillas  | 21 |
| 2.2.7.  | Procedencia de la semilla  | 22 |
| 2.2.8.  | Propiedades externas de la semilla   | 22 |
| 2.2.9.  | Propiedades internas de la semilla   | 24 |
| 2.2.10. | Germinación  | 26 |
| 2.2.11. | Condiciones para la germinación  | 27 |
| 2.2.12. | Latencia de las semillas   | 29 |
| 2.2.13. | Tratamientos pregerminativos   | 30 |
| 2.2.14. | Escarificación   | 31 |
| 2.2.15. | Estratificación  | 35 |
| 2.2.16. | Luminosidad  | 36 |
| 2.2.17. | Sustrato   | 36 |
| 2.2.18. | Tipos de sustrato  | 37 |
| 2.2.19. | Tratamiento del sustrato   | 39 |
| 2.2.20. | Usos de la tara  | 40 |
| 2.2.21. | Viveros  | 41 |
| 2.2.22. | Repique de plántula  | 41 |
| 2.2.23. | Camas de repique   | 41 |
| 2.2.24. | Manejo de plagas y enfermedades en la germinación en el vivero                         | 42 |
| 2.3.    | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS   | 42 |
| 2.3.1.  | Germinación  | 42 |
| 2.3.2.  | Tratamientos Pregerminativos   | 42 |
| 2.3.3.  | Sustratos Orgánicos  | 43 |
| 2.3.4.  | Tara   | 43 |
| 2.3.5.  | Plántula   | 43 |
| 2.3.6.  | Escarificación   | 43 |
| 2.3.7.  | Humedad Relativa   | 43 |

|                                       |   |    |
|---------------------------------------|---|----|
| 2.3.8.                                | Condiciones Ambientales .....               | 43 |
| 2.3.9.                                | Coeficiente de Variación .....              | 43 |
| 2.3.10.                               | Emergencia .....                            | 44 |
| 2.3.11.                               | Varianza.....                               | 44 |
| 2.3.12.                               | Tanino .....                                | 44 |
| 2.3.13.                               | Tratamiento de Calor .....                  | 44 |
| 2.3.14.                               | Escarificación Mecánica.....                | 44 |
| 2.3.15.                               | Planteo .....                               | 44 |
| 2.3.16.                               | Sustrato .....                              | 44 |
| 2.3.17.                               | Riego .....                                 | 45 |
| 2.3.18.                               | Fase de Latencia .....                      | 45 |
| 2.3.19.                               | Manejo de Semillas .....                    | 45 |
| 2.3.20.                               | Luz .....                                   | 45 |
| 2.3.21.                               | Estratificación Fría .....                  | 45 |
| 2.3.22.                               | Factor Ambiental .....                      | 45 |
| 2.3.23.                               | Temperatura Óptima.....                     | 45 |
| 2.3.24.                               | Semilla.....                                | 46 |
| 2.3.25.                               | Biofertilizante .....                       | 46 |
| 2.3.26.                               | Biomasa .....                               | 46 |
| 2.3.27.                               | Fase de Germinación .....                   | 46 |
| 2.3.28.                               | Supervivencia .....                         | 46 |
| 2.3.29.                               | Eficiencia Germinativa .....                | 46 |
| CAPÍTULO III: MARCO FILOSÓFICO.....   |   | 47 |
| 3.1.                                  | MARCO FILOSÓFICO .....                      | 47 |
| CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO ..... |   | 49 |
| 4.1.                                  | TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN ..... | 49 |
| 4.1.1.                                | Tipo de investigación.....                  | 49 |
| 4.1.2.                                | Nivel de investigación .....                | 49 |

|                                  |   |    |
|----------------------------------|---|----|
| 4.1.3.                           | Diseño de investigación .....   | 49 |
| 4.1.4.                           | Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....  | 54 |
| 4.1.5.                           | Instrumentos de recolección de datos .....  | 60 |
| 4.1.6.                           | Procesamiento y análisis de datos .....   | 60 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS .....     |   | 61 |
| 5.1.                             | RESULTADOS .....  | 61 |
| 5.1.1.                           | Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas de tara, Centro Experimental Agrícola, 2024..... | 61 |
| 5.1.2.                           | Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la emergencia de plantines de tara, Centro Experimental Agrícola, 2024..... | 64 |
| 5.1.3.                           | Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de tara .....                                    | 66 |
| DISCUSION.....                   |   | 78 |
| CONCLUSIONES .....               |   | 80 |
| RECOMENDACIONES.....             |   | 79 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... |   | 81 |
| ANEXOS.....                      |   | 89 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Tabla 1</b>  | Tratamientos etapa 1 .....   | 52 |
| <b>Tabla 2</b>  | Tratamientos en estudio, etapa 2 .....   | 53 |
| <b>Tabla 3</b>  | Preparación de sustrato para el llenado de bolsas .....  | 58 |
| <b>Tabla 4</b>  | Frecuencias de la cantidad de semilla de tara por kilogramo, Centro Experimental Agrícola, 2024 .....  | 61 |
| <b>Tabla 5</b>  | Análisis de varianza de la germinación de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024. ....  | 62 |
| <b>Tabla 6</b>  | Prueba de significancia de Tukey al 95 % para la germinación de las semillas de tara, factor tratamiento pregerminativo en el Centro Experimental Agrícola, 2024 ..... | 63 |
| <b>Tabla 7</b>  | Análisis de varianza del porcentaje de emergencia de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....  | 64 |
| <b>Tabla 8</b>  | Prueba de significancia de Tukey al 95 % del porcentaje de emergencia de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024 .....                           | 65 |
| <b>Tabla 9</b>  | Análisis de varianza para la altura de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....                              | 66 |
| <b>Tabla 10</b> | Prueba de significancia de Tukey al 95 % para la altura de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....                | 68 |
| <b>Tabla 11</b> | Análisis de varianza para el diámetro del tallo de las plántulas de tara, 120 días después de la siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024 ..                   | 69 |
| <b>Tabla 12</b> | Prueba de significancia de Tukey al 95 % para diámetro del tallo de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....       | 71 |
| <b>Tabla 13</b> | Análisis de varianza para el número de hojas de plántulas de tara, 120 días después de la siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....                        | 72 |

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Tabla 14</b> | Prueba de significancia de Tukey al 95 % para el número de hojas en plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024..... | 74 |
| <b>Tabla 15</b> | Análisis de varianza para la longitud de raíz de plántulas de tara, 120 días después de la siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....                 | 75 |
| <b>Tabla 16</b> | Prueba de significancia de Tukey al 95 % para longitud de raíz en plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Fundo los Pichones Tacna 2024 .....       | 75 |
| <b>Tabla 17</b> | Distribución de tratamientos en el campo experimental etapa 1.....   | 95 |
| <b>Tabla 18</b> | T2 Distribución de tratamientos en el campo experimental etapa 2 .....   | 95 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 1</b>  | Tiempo de germinación en días de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024 .....                        | 63 |
| <b>Figura 2</b>  | Porcentaje de emergencia de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....                              | 65 |
| <b>Figura 3</b>  | Altura de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el en el Centro Experimental Agrícola, 2024 .....               | 67 |
| <b>Figura 4</b>  | Desarrollo vegetativo de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el en el Centro Experimental Agrícola, 2024..... | 69 |
| <b>Figura 5</b>  | Diámetro de plántulas de tara, 120 días después de siembra, Centro Experimental Agrícola, 2024 .....                        | 72 |
| <b>Figura 6</b>  | Número de hojas de plántulas de tara, 120 días después de siembra, Centro Experimental Agrícola, 2024 .....                 | 73 |
| <b>Figura 7</b>  | Longitud de raíz en mm de plántulas de tara, 120 días después de siembra, en el Centro Experimental Agrícola, 2024.....     | 77 |
| <b>Figura 8</b>  | Ubicación del Campo Experimental “Centro Experimental Agrícola, FCAG -UNJBG” .....  | 94 |
| <b>Figura 9</b>  | Datos de temperatura en el Tacna en 2024 .....  | 94 |
| <b>Figura 10</b> | Llenado con sustrato de las bandejas germinativas.....  | 96 |
| <b>Figura 11</b> | Preparación de sustrato para el llenado de las bolsas de polietileno.....   | 96 |
| <b>Figura 12</b> | Distribución de bloques y tratamientos en la parcela experimental.....  | 97 |
| <b>Figura 13</b> | Crecimiento de las plántulas de tara.....   | 97 |
| <b>Figura 14</b> | Plántulas listas para trasladar a campo definitivo .....  | 98 |
| <b>Figura 15</b> | Entrega de plántulas de tara al Gobierno regional de Tacna.....   | 98 |

## RESUMEN

La germinación de semillas de tara depende de los tratamientos pregerminativos, son clave para mejorar la viabilidad de las semillas, especialmente en especies nativas de regiones áridas. Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas y desarrollo de los plantines de tara (*Caesalpinia spinosa*). Se empleó el diseño experimental DCA con arreglo bifactorial, la prueba de Tukey y se desarrolló en dos etapas; la primera etapa se realizó para generar plántulas, donde los tratamientos pregerminativos utilizados fueron: remojo con agua fría durante 48 horas (b1), hervir agua durante 10 minutos. dejar enfriar destapada durante 5 minutos, y se pone la semilla al agua, dejar por 24 horas (b2), raspado de la semilla con lija al agua No. 80 (b3) y sin ningún tratamiento (b4). En la etapa dos, las bolsas de polietileno se llenaron con sustrato (S1): 2 Tierra del lugar + 2 Humus de lombriz + 2 arenilla y el sustrato (S): 2 Tierra del lugar + 3 Humus de lombriz + 1 arenilla, estos fueron trasplantados por desahíje con las plantas procedentes de la primera etapa. Asimismo, se determinó que el número de semillas por kilogramo en promedio fue 4112,50 unidades, el tratamiento pregerminativo más adecuado es el método mediante raspado de la semilla con lija al agua No. 80 con el que se logró germinar en el menor tiempo con 12,50 días. El mayor porcentaje de emergencia y la mayor altura con 27,25 cm, el mayor número de hojas con 4,81 unidades, la mayor longitud de raíz con 129,25 mm se obtuvo con el T7 (s1: 2 Tierra del lugar + 2 Humus de lombriz + 2 arenilla Hibrido 2; p7: Plantas procedentes del T7) presenta el mayor porcentaje de emergencia con 65,17 %; sin embargo, el mayor diámetro lo obtuvo el T11 s2: 2 Tierra del lugar + 3 Humus de lombriz + 1 arenilla, p3: Plantas procedentes del T3) con 0,28 mm.

**Palabras clave:** Tara, sustrato, tratamiento pregerminativo.

## ABSTRACT

The germination of tara seeds depends on pre-germination treatments, which are key to improving seed viability, especially in native species from arid regions. This research aimed to determine the effect of pre-germination treatments and organic substrates on the seed germination and seedling development of tara (*Caesalpinia spinosa*). The experimental design used was a DCA with a two-factor arrangement, the Tukey test, and it was carried out in two stages. The first stage focused on generating seedlings, where the pre-germination treatments used were: soaking in cold water for 48 hours (b1), boiling water for 10 minutes, letting it cool uncovered for 5 minutes, then placing the seed in water and leaving it for 24 hours (b2), scraping the seed with sandpaper No. 80 (b3), and no treatment (b4). In the second stage, polyethylene bags were filled with substrate (S1): 2 local soil + 2 worm humus + 2 sand and substrate (S2): 2 local soil + 3 worm humus + 1 sand. These were transplanted by thinning with plants from the first stage. It was also determined that the average number of seeds per kilogram was 4112,50 units. The most suitable pre-germination treatment was the method of scraping the seed with sandpaper No. 80, which resulted in the fastest germination time of 12,50 days. The highest percentage of emergence and the greatest height of 27,25 cm, the highest number of leaves (4,81), and the greatest root length (129,25 mm) were obtained with T7 (S1: 2 local soil + 2 worm humus + 2 sand, Hybrid 2; p7: plants from T7), which showed the highest emergence percentage of 65,17 %. However, the largest diameter was obtained with T11 (S2: 2 local soil + 3 worm humus + 1 sand, p3: plants from T3) with 0,28 mm.

**Keywords:** Tara, substrate, pre-germination treatment.

## INTRODUCCIÓN

La Tara (*Caesalpinia spinosa*) se cultiva en diversas regiones, principalmente en terrenos ubicados entre los 1000 y 3100 metros sobre el nivel del mar, siendo el Perú el principal productor mundial de esta especie. Esta planta, de origen silvestre en el Perú, crece entre los 800 y 2800 metros sobre el nivel del mar y es conocida comúnmente como "tara" o "taya". Debido a su relevancia forestal, se ha comenzado a gestionar de manera silvicultural tanto en bosques naturales como en plantaciones (Romero, 2017). En Sudamérica, su distribución se extiende por regiones áridas y semiáridas de Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú y el norte de Chile. En Europa, se encuentra en Italia, mientras que en África está presente en países como Argelia, Marruecos, Kenia y Sudáfrica (Polo, 2016).

En los últimos años, la exportación de su fruto ha aumentado considerablemente. Entre los principales países importadores de la vaina molida de Tara se destacan Argentina, Brasil, Estados Unidos, China, Holanda, Japón, entre otros. La vaina, una vez separada de la semilla, se muele y se convierte en un valioso producto de exportación, utilizado como materia prima para la obtención de taninos. Estos taninos son muy demandados en industrias como la papelera de alta calidad, curtido de cuero, farmacéutica, química, de pinturas, entre otras. Además, la goma extraída de la semilla es un insumo útil para la industria alimentaria. La demanda de la Tara sigue creciendo, lo que asegura un mercado estable y un precio atractivo, lo que beneficia enormemente al sector agroindustrial y, por ende, a la economía del país (PROMPERU, 2010).

La germinación de semillas es un proceso determinante en el ciclo vital de las plantas, y su éxito depende de diversos factores tanto ambientales como biológicos. En el ámbito agrícola y forestal, es fundamental mejorar la tasa de germinación y la calidad de las plántulas para garantizar el establecimiento de especies de interés. En este contexto, los tratamientos previos a la germinación han sido reconocidos como una técnica esencial para estimular la germinación y aumentar la viabilidad de las semillas, especialmente en especies nativas de zonas áridas y semiáridas, como la tara (Müller et al., 2017).

La tara es una especie de gran valor económico y ecológico, utilizada tanto en la producción de goma tara, un biopolímero, como en la restauración ecológica de suelos degradados (Salazar et al., 2019). Sin embargo, su germinación es compleja y, en muchas ocasiones, se ve limitada por factores externos como la calidad del sustrato, el contenido de humedad, y la temperatura del suelo (Gamarra et al., 2020). El uso de sustratos orgánicos en el tratamiento pregerminativo ha sido propuesto como una estrategia eficiente para mejorar la germinación de semillas de diversas especies, dado que estos proporcionan nutrientes y condiciones adecuadas para el desarrollo inicial de las plántulas (Silva et al., 2018).

En la región de Tacna, en el sur de Perú, la tara se encuentra dentro de los proyectos de reforestación y recuperación de suelos. Sin embargo, los resultados de germinación de esta especie siguen siendo variables, lo que motiva la necesidad de investigar los efectos específicos de diferentes tratamientos pregerminativos con sustratos orgánicos sobre su germinación. Este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas y desarrollo de los plantines de tara. La importancia de este estudio radica en su potencial para mejorar las prácticas de manejo de la tara y optimizar los esfuerzos de reforestación en áreas áridas y semiáridas. Además, los resultados podrían contribuir a la optimización de protocolos de germinación que beneficien no solo a la tara, sino a otras especies forestales de interés en la región.

Este estudio está estructurado en cinco capítulos. El Capítulo I aborda el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación del tema. En el Capítulo II se presenta el marco teórico, que incluye los antecedentes y las teorías relacionadas con la investigación. El Capítulo III describe las metodologías y procesos utilizados para llevar a cabo el estudio. En el Capítulo IV se expone el marco filosófico, que permite comprender la ocurrencia de ciertos hechos, mientras que el Capítulo V presenta los resultados y la discusión. Finalmente, se incluyen las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía utilizada en este trabajo de investigación.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La tara o taya, conocida científicamente como *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, es un arbusto originario del Perú. Ha sido utilizada como medicina tradicional desde la época prehispánica y, en los últimos años, ha ganado relevancia en el mercado internacional como materia prima para diversas industrias. Perú lidera las exportaciones de tara a nivel mundial, representando el 80 % de las exportaciones globales. Le siguen en volumen de exportación Bolivia, Ecuador, Colombia y Venezuela. Se considera una de las diecisiete principales oportunidades de eco negocios en el país (MINAGRI, 2019).

Las estadísticas muestran al Perú como uno de los mayores productores de Tara; además, satisface la mayor parte de la demanda del mercado mundial de este producto. En el Perú, la tara se produce en muchas regiones del país y se cultiva en terrenos a altitudes que van desde los 1 000 a los 2 900 metros, siendo las principales zonas productoras: Cajamarca, La Libertad, Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Áncash y Huánuco. Tacna ocupa la primera posición en producción de tara, sin embargo, se desconoce su distribución a nivel regional, características de los productores, nivel de rentabilidad y características agronómicas en cuanto a requerimientos hídricos, en la región Tacna existen plantaciones de tara instaladas en el distrito de Locumba, Sama, sector Arunta y Sector Copare del valle de Tacna (Condori y Vildoso, 2015)

Si bien es cierto que la tara se viene difundiendo e incrementando su producción, los agricultores están enfrentándose a múltiples problemas en la conducción y manejo agronómico de este cultivo, además están en la búsqueda de procedimientos y métodos que puedan mejorar el porcentaje de germinación de sus semillas.

En el Centro Poblado Pampas Sitana del Distrito y provincia de Locumba los agricultores se dedican al cultivo de la tara, además están organizados y pretenden

incrementar sus plantaciones, para ello tiene un vivero donde propagan sus plantas, este año debido al incremento de la temperatura han tenido problemas de germinación, debido a diversos factores, por lo tanto, es necesario plantear alternativas, procedimientos pregerminativos, generar tecnologías adecuadas para su crecimiento y propiciar la producción de plantas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problemas General**

¿Cuál será el efecto de los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas y desarrollo de los plantines de tara?

### **1.2.2. Problemas Específicos:**

- ¿Cuál es el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas de tara?
- ¿Cuál es el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la emergencia de plantines de tara?
- ¿Cuál es el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de tara?

## **1.3. Justificación e importancia**

La producción de tara en Tacna es una actividad que involucra a muchas familias, además la forestación con especies nativas es una herramienta prometedora para restaurar ecosistemas degradados en la región de Tacna. Sin embargo, se necesita una comprensión más profunda de la ecología, la silvicultura y la biología reproductiva de las especies nativas. La disponibilidad de material genético para la plantación y el conocimiento de la producción de plantines de especies como la tara es importante, además los diversos aspectos que involucra el desarrollo de esta actividad como la madurez de las semillas, el medio de germinación y el medio de replantación, puede ayudar a mejorar la eficiencia

del medio de replantación, el riego, la fertilización, el control de plagas y completar el ciclo óptimo de reproducción.

La Tara o Taya es una planta nativa de gran relevancia económica en el Perú y en algunos países vecinos. Perú es el principal productor mundial de Tara y, además, es una fuente importante de ingresos para muchas familias. Sus frutos no tienen sustitutos en cuanto a calidad, tanto para la obtención de taninos como para la goma, por lo que debería ser considerado un cultivo emblemático del país. Sus aplicaciones son variadas, siendo comúnmente utilizada en la medicina tradicional. Se emplea para tratar afecciones como sinusitis, infecciones vaginales y micóticas, inflamación ocular, heridas crónicas, caries dentales, dolor de estómago, diarreas, cólera, reumatismo y resfriados, además de actuar como un depurativo del colesterol.

La reforestación es crucial, dado que, los niveles de deforestación están en un decrecimiento, las razones de la deforestación no solo se deben a aspectos macroeconómicos, sino que, en el caso peruano, las actividades ilegales representan una porción significativa en el índice de deforestación anual del país, para ello es necesario la producción de plantas de alta calidad es importante para el éxito de los programas de forestación y restauración. En este proceso, es esencial tener en cuenta el origen genético de las semillas y/o esquejes, el momento adecuado para establecer el cultivo y las condiciones ambientales necesarias para su producción. Generalmente, la producción del cultivo de tara se realiza de manera tradicional, basándose en prácticas tradicionales por falta o desconocimiento de mejoras técnicas en la aplicación de nuevos métodos. La escasa información brindada a los agricultores acerca del manejo de nuevos métodos en el tratamiento pregerminativo repercute negativamente en la obtención de plántones de calidad y cantidad.

#### **1.4. Alcances y limitaciones**

Contribuir al conocimiento científico sobre las prácticas de germinación de semillas de tara con sustratos orgánicos. Las plantas que se generen solo se evaluarán hasta que tengan aproximadamente 40 cm de altura.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas y desarrollo de los plantines de tara.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas de tara.
- Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la emergencia de plantines de tara.
- Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de tara.

## **1.6. Hipótesis:**

### **1.6.1. Hipótesis general:**

Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos influirán en la germinación de semillas y desarrollo de los plantines de tara.

### **1.6.2. Hipótesis específicas:**

- Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos influirán en la germinación de semillas de tara.
- Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos influirán en la emergencia de los plantines de tara.
- Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos influirán en el desarrollo de los plantines de tara.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Buitrón (2023), señala que las semillas de *Caesalpinia spinosa* tienen una tasa de germinación baja en las condiciones naturales de los bosques secos de la sierra norte de Ecuador. La investigación se enfoca en el reto de superar la dormancia física provocada por la capa externa dura de las semillas de esta especie. El objetivo principal del estudio es evaluar los efectos de los tratamientos previos a la germinación en la tasa de germinación y la calidad de las plántulas. Para ello, se emplea un diseño experimental con cuatro tratamientos pregerminativos y se analizan los datos de germinación y calidad de las plántulas mediante pruebas estadísticas. La metodología empleada incluye la recolección de semillas, análisis de su calidad, aplicación de tratamientos, siembra y seguimiento del proceso. Los resultados muestran que la escarificación mixta favorece la germinación al romper la capa dura de las semillas, lo que facilita la entrada de agua y oxígeno. El tratamiento T2 (lijado de las semillas con lija No. 80, similar a la escarificación mecánica, seguido de una inmersión en agua a temperatura ambiente durante 24 horas) fue el más eficaz para acelerar la germinación, con un índice de germinación promedio de 17,536 y una media de esbeltez de 4,35 en cuanto al crecimiento de las plántulas. En conclusión, la escarificación mediante lijado e inmersión en agua es una técnica eficaz para mejorar la germinación, la morfología, la fisiología y el crecimiento de las plántulas de *Caesalpinia spinosa*.

Guamán (2022), realizó en Riobamba, Ecuador la tesis sobre la “Evaluación de la germinación de semilla de guarango (*Caesalpinia spinosa*) (mol.) o. kuntze aplicando dos métodos de escarificación en la comunidad Alacao, Guano, Chimborazo”, con el objetivo de analizar la germinación de semillas de guarango utilizando dos métodos de escarificación, se llevó a cabo el estudio en la Comunidad Alacao, Guano, Chimborazo.

Se llevó a cabo un estudio utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con estructura factorial y tres bloques para evaluar la germinación de semillas de guarango en la Comunidad Alacao, Guano, Chimborazo. Se utilizaron nueve tratamientos, que incluyeron diferentes métodos de remojo y limado de las semillas. Los tratamientos se designaron como T1 a T9, y las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación y supervivencia, la altura y el número de hojas de las plántulas. Los datos fueron analizados utilizando el software Infostat versión 2017,1,2. Este trabajo es pertinente en el sentido de que busca determinar el método de escarificación más eficiente para las semillas de *Caesalpinia spinosa*, con el objetivo de multiplicar esta especie en vivero y aprovechar sus características económicas, ecológicas y ambientales. Al incrementar la productividad en la reproducción en vivero, se podría lograr una relación beneficio-costo favorable para el productor. Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El tratamiento 7 (escarificación mecánica con limado y remojo en agua fría por 12 horas) tuvo un porcentaje de germinación de 30 %, el tratamiento 3 (remojo en agua fría por 7 días) mostró la mayor supervivencia con un valor medio de 90, y el tratamiento 8 (limado y remojo en agua fría por 24 horas) resultó en una mayor altura y número de hojas. Estos resultados destacan el impacto positivo de la escarificación mecánica en la propagación de las semillas. Se sugiere llevar a cabo estudios de investigación utilizando diversos sustratos para mejorar la germinación de las semillas de Guarango, con el objetivo de aumentar su porcentaje de germinación y acelerar el proceso.

Muñoz (2018), realizó un estudio en La Paz titulado "Evaluación del efecto de dos tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustratos en la germinación de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el centro experimental de Cota Cota". Los tratamientos pregerminativos consistieron en una exposición al agua caliente durante 2 y 4 minutos, respectivamente. Los sustratos utilizados fueron: Sustrato 1 (S1) con una mezcla de 2 partes de materia orgánica, 2 de suelo local y 1 de arena; Sustrato 2 (S2) con 3 partes de materia orgánica, 2 de suelo local y 1 de arena; y Sustrato 3 (S3) con 1 parte de materia orgánica, 2 de suelo local y 1 de arena. Se empleó un diseño completamente al azar bifactorial, considerando como factores la proporción de los sustratos (Factor A) y el tratamiento con agua caliente (Factor B), con 6 tratamientos y 2 repeticiones. El análisis

de los datos se realizó con el software INFOSTAT. Las características físicas de las semillas incluyeron una pureza del 96,45 %, 4195 semillas por kilogramo, 6 % de humedad y un porcentaje de emergencia del 93 %. Las variables evaluadas fueron la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y longitud de la raíz. El tratamiento más efectivo para la altura, el diámetro y el número de folíolos fue el tratamiento 2 G2S1, mientras que el mejor tratamiento para el desarrollo de la raíz fue el G2S3, debido a la cantidad de materia orgánica del sustrato.

Mamani (2020), llevó a cabo un estudio cuyo objetivo principal fue evaluar el comportamiento germinativo de las semillas de tara. Se aplicaron dos tratamientos previos a la semilla, consistentes en sumergir las semillas en agua caliente a 75°C, una por 5 minutos y la otra por 7 minutos. Además, se utilizaron tres combinaciones de sustratos en diferentes proporciones: (tierra del lugar 2, turba 2, arena 2), (tierra del lugar 1, turba 2, arena 3) y (tierra del lugar 1, turba 1, arena 4). La investigación se diseñó bajo un esquema completamente al azar con arreglo bifactorial, considerando como factor A los tratamientos pregerminativos y como factor B los sustratos, con 6 tratamientos y 3 repeticiones, sumando 18 unidades experimentales. Los datos se analizaron con el software estadístico INFOSTAT. Las variables evaluadas fueron porcentaje de emergencia, altura de plántula y número de hojas. En el laboratorio se evaluaron aspectos físicos de la semilla, como pureza, número de semillas por kilogramo, humedad y porcentaje de germinación. La pureza alcanzó el 97,1 %, con un contenido de humedad del 4 %, 4250 semillas por kilogramo y un porcentaje de germinación del 77 %. En campo, el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento de 7 minutos en agua caliente a 75°C y el sustrato (tierra del lugar 2, turba 2, arena 2), logrando un 70 % de emergencia, una altura promedio de 6,49 cm y 8 hojas. En conclusión, el tratamiento de remojo en agua caliente a 75°C durante 7 minutos fue el más efectivo. Estos ensayos de germinación son clave para la producción y propagación de plantas destinadas a plantaciones y áreas deforestadas.

González (2021), llevó a cabo un estudio con el objetivo de propagar *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze mediante cuatro tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero en el cantón Ambato, con el fin de mejorar la

reproducción de esta especie forestal de gran importancia social y económica. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 4 repeticiones y 25 semillas por unidad experimental. Los factores evaluados fueron los tratamientos pregerminativos y los sustratos, combinando los siguientes sustratos: B1: arena de río 50 % + humus 50 %, B2: turba comercial, y B3: tierra 30 % + arena 40 % + humus 30 %, con los tratamientos: A1: escarificación mecánica con lija, raspado de semillas y remojo por 24 horas; A2: inmersión en agua a punto de ebullición, sumergiendo las semillas durante 30 segundos a 92°C y remojo por 24 horas; A3: inmersión en agua a punto de ebullición, sumergiendo las semillas durante 3 minutos a 92°C y remojo por 24 horas. Los resultados mostraron que el tratamiento más efectivo fue A2B2, con un 58 % de germinación a los 120 días. El tratamiento A2B1 presentó un 44 % de germinación, siendo el segundo más efectivo, mientras que A1B1 tuvo solo un 4 % de germinación, el tratamiento con peores resultados. Desde el punto de vista económico, el tratamiento A2B2 mostró una tasa de retorno marginal de 813,33 %, lo que lo hace muy viable para la propagación de Guarango. Se recomienda el uso de turba comercial como sustrato en futuros estudios de propagación.

Alcalá y Quenter (2018), llevaron a cabo un estudio en el Vivero Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con el objetivo de evaluar el crecimiento de dos especies forestales, *Caesalpinia spinosa* ("Tara") y *Enterolobium cyclocarpum* ("Oreja de negro"), para determinar cómo diferentes mezclas de sustratos influyen en su crecimiento inicial. Ambas especies son relevantes en el ámbito urbano: la "Tara" es valorada por productos como gomas y taninos, mientras que la "Oreja de negro", por su rápido crecimiento y tamaño, es adecuada para áreas verdes. El estudio se realizó durante cinco meses e incluyó desde la selección de semillas, escarificación, preparación y mezcla de sustratos, siembra en bolsas, hasta la evaluación en campo y análisis de resultados. Se utilizaron cuatro mezclas de sustratos (T0, T1, T2 y T3), donde T0 actuó como testigo y T1, T2 y T3 como tratamientos. Las mezclas fueron compuestas por tierra agrícola, compost tradicional y compost con microorganismos efectivos en diferentes proporciones. El crecimiento de las plántulas se evaluó observando la pérdida de cotiledones y midiendo parámetros como el diámetro a la altura del cuello y la altura. Los análisis estadísticos mostraron que el

sustrato T1 (tierra agrícola, compost tradicional y compost con microorganismos efectivos en proporción 2:1:1) produjo el mayor crecimiento en altura para ambas especies, mientras que el sustrato T3 (tierra agrícola, compost tradicional y compost con microorganismos efectivos en proporción 3:2:1) favoreció un mayor crecimiento en diámetro.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Chávez et al. (2018), llevaron a cabo una investigación en el vivero de la UNTRM, en el distrito de Chachapoyas, con el objetivo de evaluar los efectos de los métodos de escarificación física y mecánica en la emergencia y el crecimiento de las semillas de *Caesalpinia spinosa*. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones y ocho tratamientos. Para el análisis de los datos se empleó el software R x 64 3.3.1 y la prueba de Duncan al 5 %. Los tratamientos consistieron en remojar las semillas en agua fría durante 3, 5 y 7 días (T1, T2 y T3), picar y remojar por 12 y 24 horas (T4 y T5), y remojar las semillas en agua caliente por 1, 3 y 5 minutos seguidos de 12 horas en agua fría (T6, T7 y T8). Las semillas fueron sembradas en un sustrato compuesto por arena de río, con riegos realizados dos a tres veces por semana. Las variables evaluadas incluyeron el porcentaje de emergencia, altura de las plántulas, número de hojas, longitud de raíz e índice de velocidad de emergencia. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos T4 y T5 los más efectivos, con porcentajes de emergencia de 91,67 % y 93,75 %, alturas de plántula de 7,85 y 8,97 cm, y números de hojas de 3,70 y 3,87, respectivamente. Además, los valores más altos para el índice de velocidad de emergencia fueron obtenidos en los tratamientos T4 y T5 con 14,16 y 14,85, demostrando el impacto positivo de la escarificación mecánica en la emergencia y el crecimiento de las plántulas de tara.

Torres (2019), realizó en Arequipa, Perú la tesis sobre el “Tratamiento mecánico, físico y químico de la semilla en la germinación y emergencia de plántulas de tara (*Caesalpinia spinosa*) (molina) kuntze. Arequipa. 2018” con el objeto de determinar la influencia de diferentes tratamientos mecánicos, físicos y químicos en la germinación y emergencia de plántulas de tara (*Caesalpinia spinosa*). Se realizó un estudio para evaluar

el efecto de tratamientos mecánicos, físicos y químicos en la germinación y emergencia de plántulas de tara. Se utilizaron diferentes diseños experimentales, tanto en el laboratorio como en el invernadero, y se evaluaron varios parámetros, como el porcentaje de germinación y emergencia, la profundidad de raíces, la altura de las plantas y el diámetro de los tallos en la etapa de desarrollo. Este trabajo es relevante para la investigación planteada, ya que se enfoca en evaluar diferentes métodos pregerminativos para promover la germinación de semillas en estado latente. Se busca evitar el uso de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) debido a su peligrosidad y la prohibición de su comercialización. De los resultados obtenidos, se concluye que, en el estudio realizado, las semillas de tara presentaron un promedio de 2,178 unidades por kilogramo. En cuanto a la germinación en el laboratorio, se observó que el tratamiento T7, que consistió en el raspado de la semilla con lija al agua No. 80, alcanzó un porcentaje de germinación del 76 %, seguido del tratamiento T4, que fue la escarificación con ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  durante 10 minutos, con un 75 % de germinación. El tratamiento T3, con escarificación de ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  durante 5 minutos, obtuvo un 68 % de germinación. En la emergencia en el invernadero, el tratamiento T4 obtuvo un 80 % de semillas emergidas, seguido del tratamiento T3 con un 78 %, y el tratamiento T7 con un 70 %. En la fase de desarrollo del cultivo en el invernadero, a los 60 días, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la profundidad de las raíces, la altura de las plantas y el diámetro de los tallos, con valores que oscilaron entre 4,88 cm y 5,22 cm para la profundidad de raíces, 5,78 cm y 6,16 cm para la altura de plantas, y 0,58 cm y 0,60 cm para el diámetro de tallo.

Neri et al. (2018), realizó en Chachapoyas, Amazonas el artículo sobre la “Aplicación de la escarificación física y mecánica en la emergencia y crecimiento de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*)”, con el objetivo de evaluar métodos de escarificación física y mecánica en semillas de *Caesalpinia spinosa* para determinar su efecto en la emergencia y crecimiento de las plántulas. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con tres repeticiones y ocho tratamientos para evaluar el efecto de diferentes métodos de escarificación en la emergencia y crecimiento de semillas de *Caesalpinia spinosa*. Se realizaron tratamientos como remojo en agua fría durante diferentes periodos de tiempo, picado de semillas y remojo, y remojo en agua caliente, seguido de remojo en

agua fría. Las semillas se sembraron en un sustrato de arena de río y se aplicaron riegos regulares. Los datos fueron analizados utilizando el software R x 64 3,3,1 y se realizó la prueba de Duncan al 5 % para comparar los tratamientos. Este trabajo es relevante para la investigación planteada, ya que los resultados obtenidos concuerdan con estudios previos. La escarificación mecánica mediante el uso de material rugoso, como la lija, demostró ser efectiva para aumentar el porcentaje de emergencia de plántulas de *Caesalpinia spinosa*, alcanzando valores de hasta un 98,90 %. Además, se observó que el corte de la testa como método de escarificación mecánica aceleró el proceso germinativo, especialmente en los tratamientos 4 y 5, con valores promedio de 14,16 y 14,85 en el índice de velocidad de emergencia, respectivamente. Las variables evaluadas incluyeron porcentaje de emergencia, altura de plántula, número de hojas, longitud de raíz e índice de velocidad de emergencia. En general, los tratamientos de escarificación mecánica que implicaron el corte de la testa mostraron los mayores porcentajes de emergencia de plántulas, destacándose los tratamientos 4 y 5 con valores promedio de 91,67 % y 93,75 %, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento de escarificación física en el tratamiento 8 obtuvo el menor valor promedio de porcentaje de emergencia, con un 4,17 %. En conclusión, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, siendo los tratamientos T4 y T5 los que mostraron los mejores resultados en términos de porcentaje de emergencia (91,67 % y 93,75 % respectivamente), altura de plántula (7,85 cm y 8,97 cm respectivamente) y número de hojas (3,70 y 3,87 respectivamente). Además, estos tratamientos también presentaron los valores más altos en el índice de velocidad de emergencia (14,16 y 14,85 respectivamente). Estos resultados destacan el impacto positivo de la escarificación mecánica en la emergencia y características morfológicas de las plántulas de tara.

Espinosa (2018), llevó a cabo un estudio en el Vivero Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con el objetivo de evaluar el crecimiento de dos especies forestales, *Caesalpinia spinosa* ("Tara") y *Enterolobium cyclocarpum* ("Oreja de negro"), y determinar cómo diferentes mezclas de sustratos influyen en su desarrollo inicial. Ambas especies tienen relevancia en el ámbito urbano: la "Tara" es aprovechada para la obtención de productos como gomas y taninos, mientras que la "Oreja de negro", debido a su rápido crecimiento y tamaño considerable,

es ideal para áreas verdes. El estudio se realizó durante cinco meses, abarcando desde la selección y escarificación de semillas hasta la preparación y mezcla de sustratos, siembra en bolsa, germinación, evaluación en campo y análisis de resultados. Se utilizaron cuatro combinaciones de sustratos (T0, T1, T2 y T3), que incluyeron un testigo y tres tratamientos experimentales, en los cuales ambas especies fueron sembradas directamente en bolsas. Las mezclas de sustratos consistieron en tierra agrícola, compost tradicional y compost con microorganismos efectivos en distintas proporciones. El crecimiento de las plántulas se evaluó desde la pérdida de los cotiledones iniciales, midiendo parámetros como el diámetro a la altura del cuello y la altura. A través de pruebas estadísticas, se determinó que el sustrato T1 (tierra agrícola, compost tradicional y compost con microorganismos efectivos en proporciones 2:1:1) favoreció el mayor crecimiento en altura de ambas especies, mientras que el sustrato T3 (tierra agrícola, compost tradicional y compost con microorganismos efectivos en proporciones 3:2:1) resultó en el mayor crecimiento en diámetro.

Guevara (2021), llevó a cabo un estudio en el Vivero Forestal de ADEFOR (Asociación Civil para la Investigación y el Desarrollo Forestal) en Cajamarca, bajo condiciones de invernadero, con el objetivo de evaluar el crecimiento y desarrollo de *Caesalpinia spinosa* (tara) al aplicar tres diferentes dosis de humus de lombriz. Esta especie es de gran importancia urbana debido a que la "Tara" es aprovechable para la producción de gomas y taninos. El estudio se desarrolló durante cuatro meses y medio, abarcando desde la selección y escarificación de semillas hasta el sembrado en aserrín, la germinación, el repique de plántulas en bolsas con las dosis respectivas de humus de lombriz, y la evaluación en campo. Se trabajó con tres dosis de humus de lombriz ( $3 \text{ t ha}^{-1}$ , H1;  $6 \text{ t ha}^{-1}$ , H2;  $9 \text{ t ha}^{-1}$ , H3), además de dos testigos: suelo agrícola (T1) y corteza de pino descompuesta (T2). El crecimiento de las plántulas se evaluó desde el repique en las bolsas, considerando parámetros como el diámetro a la altura del cuello, altura del tallo, número de hojas, número de folíolos y área foliar. Los resultados estadísticos indicaron que la aplicación de humus tuvo un efecto positivo en el crecimiento de las plántulas en cuanto a altura, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar a los 135 días después del repique. En términos de altura de planta, el tratamiento H3 ( $9 \text{ t ha}^{-1}$ ) presentó el mayor promedio con 28,8 cm, seguido de H2 ( $6 \text{ t ha}^{-1}$ ) con 23,66 cm. En cuanto al número de

folíolos, H3 (9 t ha<sup>-1</sup>) lideró con 245 folíolos por planta, seguido de H1 (3 t ha<sup>-1</sup>) con 206 folíolos por planta. En diámetro de tallo, H3 (9 t ha<sup>-1</sup>) obtuvo el mejor resultado con 6 mm, seguido por H2 (6 t ha<sup>-1</sup>), H1 (3 t ha<sup>-1</sup>) y T1 (suelo de Aylambo sin humus), con 5 mm cada uno. Finalmente, en área foliar, H3 (9 t ha<sup>-1</sup>) obtuvo el primer lugar con 52,28 cm<sup>2</sup>, seguido de H1 (3 t ha<sup>-1</sup>) y H2 (6 t ha<sup>-1</sup>) con 47,22 cm<sup>2</sup> y 46,95 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Osorio (2023), evaluó el impacto de dos tipos de contenedores, tubetes de polipropileno y bolsas de polietileno, en la germinación de *Caesalpinia spinosa* (tara) en el vivero forestal del AA.HH. Los Pinos de Villa María del Triunfo, Lima. Los objetivos principales fueron determinar el tratamiento pregerminativo más adecuado para la producción de tara y comparar los costos y beneficios de cultivar tara en tubetes de polipropileno frente a bolsas de polietileno. Para llevar a cabo la evaluación germinativa, se realizó primero un trabajo de gabinete, que consistió en revisar conceptos y ejemplos de estudios previos en revistas científicas. Posteriormente, se llevó a cabo el trabajo de campo, el cual incluyó la organización de actividades para cultivar tara en los diferentes tipos de contenedores y el registro de la cantidad de jornales empleados en cada fase. Se compararon dos tratamientos pregerminativos: T1, que consistió en una combinación de escarificación mecánica y lixiviación aplicada a 200 semillas, y T2, que consistió en la inmersión de 200 semillas en agua fría durante 24 horas. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 presentó una tasa de germinación del 80 %, frente al 50 % obtenido con el tratamiento T2. Cabe señalar que el sistema de producción en bolsas se dividió en dos fases: la germinación en camas de almácigo y el repique de las plántulas de almácigo a las bolsas de polietileno, con el estudio finalizando en la etapa de germinación antes del repique.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Características generales de la Tara**

La Tara, conocida también como "Taya o Guarango", es una planta nativa del Perú que se ha utilizado desde tiempos prehispánicos en la medicina tradicional. Recientemente, se ha convertido en una materia prima importante en los mercados de

América Latina y el mundo. Su nombre científico es *Caesalpinia spinosa*. Se encuentra en regiones con temperaturas entre 4°C y 32°C, incluyendo zonas áridas de Perú, Colombia, Ecuador, Bolivia, Venezuela y hasta el norte de Chile. De manera natural, prospera en áreas semiáridas con una precipitación anual de entre 230 y 500 mm. Además, se utiliza en cercas vivas, como árboles de sombra para el ganado, en cultivos de secano y como plantas ornamentales. (Alanuca, 2017, p.101).

El Guarango es una planta leguminosa capaz de fijar nitrógeno del aire, lo que la hace ideal para restaurar suelos erosionados. Tiene múltiples usos y aplicaciones, pero su principal valor comercial y agroindustrial radica en el alto contenido de taninos de sus frutos maduros (vainas). Los taninos son sustancias orgánicas utilizadas en diversas industrias, principalmente en el curtido de cueros. Otro producto derivado de la Tara es la goma de mascar o hidrocoloide, que se extrae de sus semillas y se utiliza como espesante en una variedad de alimentos (Alanuca, 2017, p.101).

### **2.2.2. Clasificación taxonómica y descripción Botánica de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

La tara es un árbol de la familia Leguminosaceae, cuyo nombre científico es *Caesalpinia spinosa* (Mol.). Tiene una copa irregular y globosa que puede alcanzar hasta 10 metros de extensión. Cuando los árboles son jóvenes, suelen medir alrededor de 5 metros de altura, pero en algunos lugares pueden llegar a los 10 metros en su etapa de senescencia. (Díaz, 2010)

#### **a. Raíz**

Su raíz es axonomorfa, con la capacidad de profundizar y alcanzar la capa freática, lo que le permite prosperar en lugares con poca humedad en el suelo, como áreas áridas. Las raíces secundarias crecen cerca de la superficie, generando yemas adventicias que pueden formar nuevas plantas cuando quedan expuestas, lo que facilita la reproducción vegetativa. La raíz se ramifica abundantemente en varios niveles, terminando en una red densa y frágil de pequeñas raicillas (Castillo, 2020, págs. 11-16).

**b. Tallos**

Generalmente, el tallo tiene un solo eje; también se han encontrado individuos con más de un eje principal. Estos tienden a ramificarse desde la base, formando fustes únicos y rectos. En otros casos, se observa un eje principal con varias ramas secundarias que emergen del cuello de la planta. En las plantas adultas, el tallo principal es más robusto y la corteza es rugosa. La copa puede ser más amplia, alcanzando entre 3 y 15 metros de longitud (Florián, 2020).

**c. Hojas**

Las hojas son verdes lustrosas, glabras, compuestas, bipinnadas y alternas. Tienen folíolos de primer orden opuestos, de hasta 16 cm de longitud y de uno a cuatro pares. Los folíolos subsésiles de segundo orden son oblongos y asimétricos, miden hasta 4 cm de largo, y presentan el ápice redondeado o truncado y borde entero, la nerviación pinnada de estos folíolos incluye de diez a catorce pares de nervios secundarios. En el raquis, en la zona de inserción de los folíolos de primer y segundo orden, hay dos acúleos por cada folíolo en el envés, y un acúleo en el raquis, entre los primeros y segundos pares de folíolos en el haz (Cabello, 2010).

Las ramas de *Caesalpinia spinosa* tienen hojas compuestas con una forma ovoide que alcanzan un máximo de 4 centímetros de largo. Su color es verde, pero esta tonalidad cambia según la etapa de crecimiento del árbol. En su fase juvenil, las hojas presentan un verde brillante y vibrante, mientras que, al llegar a la adultez, su intensidad disminuye, adoptando un verde más oscuro (Lojan, 1992).

**d. Inflorescencia**

Las flores tienen una forma irregular y un tono rojizo brillante, con una longitud que varía entre 8 centímetros y llega a 15 cm, y están dispuestas en racimos (Nieto e Hidrobo, 2011).

En racimos terminales sencillos o compuestos de 2 a 3 ramas, de 15 a 20 cm de longitud, se pueden encontrar hasta 29 flores de alrededor de 10 mm de tamaño, hermafroditas, zigomorfas y heteroclamídeas, con un cáliz irregular y un

sépalo. Por otro lado, la corola muestra 5 pétalos libres de tonalidad amarilla o amarilla rojiza, de 5 a 8 mm de longitud. Existen 10 estambres que se encuentran adheridas a la base del cáliz, de 1 cm de longitud, incurvados, con filamentos pubescentes en la zona basal y anteras rojas de 0,5 a 0,8 mm de longitud, basafijas y con dehiscencia longitudinal. El pistilo es pubescente, con un ovario súpero y unilocular que alberga entre 1 y 10 óvulos, un estilo incurvado y un estigma simple (Chávez, 2012).

#### **e. Frutos**

La legumbre es indehisciente y comprimida, con una longitud de 6 a 14 cm y un ancho de 1,7 a 2,5 cm. Su color varía entre rosado, rojizo o amarillento rojizo. Estas legumbres son caducas, suaves y quebradizas, y se desintegran fácilmente al presionarlas con los dedos, liberando un polvo blanco amarillento de sabor astringente. Cada legumbre contiene entre 6 y 7 semillas, aunque en casos excepcionales pueden tener de 8 a 9 semillas (Alanuca, 2017).

Los frutos se presentan como legumbres con una ligera curvatura, midiendo entre 6 y 8 centímetros de longitud y de 1,5 a 2,5 centímetros de ancho. Su tonalidad varía y puede ser verde pálido, verdoso amarillento, rojo mate o marrón, lo cual depende de su grado de madurez (Villanueva, 2007).

Las vainas muestran una depresión provocada por la composición de las semillas. Los frutos tienden a tener un tono verde amarillento o verde claro en su fase inmadura, y un rojo opaco o marrón en su fase madurez. Cada vaina puede albergar entre seis y cuatro semillas (Villena, Seminario, y Valderrama, 2019).

#### **f. Semilla**

Tienen una forma ovoide y, en algunos casos, pueden ser ligeramente aplanadas, aunque esta característica no se encuentra en todas las semillas y, en algunos casos, puede indicar que son viables para la germinación. El color de las semillas varía según su madurez; las inmaduras son de color verde claro, mientras que las maduras adquieren un tono marrón (Nieto e Hidrobo, 2011).

Las semillas tienen un ancho que varía entre los 6 y los 9 mm de diámetro, con su hilo ubicado en el centro superior o ligeramente desplazado hacia un lado de la semilla (Villena et al., 2019).

### **2.2.3. Propagación**

La reproducción vegetativa, también llamada propagación sexual, consiste en separar una parte vegetativa o rameto de la planta progenitora para obtener una nueva planta que conserva el mismo genotipo, formando así clones. Los métodos principales son las estacas o esquejes, el acodo y el injerto, que son partes de la planta original. Esto es posible porque cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar una nueva especie. Las plantas se consideran organismos modulares, y cada módulo es una rama que posee capacidad de crecimiento, compuesta por nódulos, nudos, hojas y yemas axilares. En la etapa vegetativa se generan ramas u hojas, y en la etapa reproductiva se producen flores y frutos (Osuna, Osuna, y Fierro, 2016).

La reproducción sexual, también conocida como el método tradicional, es esencial para producir plantas más vigorosas, adaptables y saludables. Las semillas son el método más eficiente y utilizado en la producción de plantas cultivadas. El proceso comienza con la siembra de la semilla, que es el punto de partida para la propagación de plántulas y la dispersión del nuevo individuo. Por lo tanto, la semilla es el resultado final del crecimiento y desarrollo de la planta progenitora (Jerez, 2017). Para la propagación, se recomienda recolectar frutos maduros, que deben seleccionarse por tamaño y textura, y clasificarse en buenas y malas. Estos frutos deben conservarse en un lugar adecuado. Además, es aconsejable aplicar tratamientos pregerminativos a las semillas con tegumentos duros para acelerar el proceso de germinación. Estos tratamientos ayudan a romper el estado de latencia, permitiendo la absorción de agua y la respiración del embrión (Mora, 2015).

### **2.2.4. Propagación del cultivo de la tara**

La propagación de plántulas se lleva a cabo mayormente por medio de semillas, con un promedio de 6,000 semillas por kilogramo y un poder germinativo del 80 al 90 %.

La germinación, que es epigea, inicia entre los 8 y 12 días y concluye a los 20 días. Dado que la testa de la semilla es dura, es necesario un tratamiento pregerminativo para acelerar y uniformizar el proceso (Portal Agrario, 2007). Al igual que con otras plántulas que desarrollan rápidamente su raíz principal, el trasplante debe hacerse rápidamente, entre una y dos semanas después de la germinación. Las plantas son sensibles a la alta humedad y especialmente al agua estancada, aunque toleran bien la sombra moderada. A partir de la sexta hoja, requieren pleno sol. En plantaciones, la densidad varía entre 1,000 y 2,500 plantas por hectárea, y la siembra se realiza al inicio de la temporada de lluvias para asegurar una buena infiltración del agua en el suelo, utilizando macetas y surcos. Para un cultivo exitoso, se recomienda controlar las plagas, fertilizar y aplicar un manejo silvicultural que incluya limpieza del terreno, raleo, poda (formación de copa, producción, sanitaria y rejuvenecimiento), manejo de rebrotes, desparasitación, remoción y riego (Portal Agrario, 2007).

#### **2.2.5. Características de las semillas de la tara**

Las semillas son ovoides, duras, en ocasiones reniformes y comprimidas. Cuando están inmaduras son verdes, mientras que al madurar se tornan cafés o pardas. Cada fruto contiene entre 1 y 6 semillas, que pueden alcanzar dimensiones de hasta 10 mm de largo por 8 mm de ancho. Están constituidas por tres partes principales: el tegumento, el endospermo y el embrión. El tegumento está formado por dos capas: una externa (testa) compuesta por macroesclereidas, características de las leguminosas, y una interna (tegmen). El embrión incluye el eje embrionario y los cotiledones. Este eje está compuesto por la radícula, el hipocótilo y la plúmula. Desde su inicio, la plúmula es bipinnada y, al desarrollarse, forma los protófilos (hojas primarias) de la planta joven. Como planta dicotiledónea, posee dos cotiledones (ocasionalmente tres), que son oblongos, aplanados y presentan nervaduras en la superficie interna. Ambos cotiledones envuelven al eje embrionario, con la radícula sobresaliendo en uno de los bordes (Horna, 2022).

### 2.2.6. Recolección de semillas

La finalidad de este proceso es obtener muestras de semillas de alta calidad, asegurando que se capture la mejor genética y calidad fisiológica para su germinación. Las semillas de alta calidad son esenciales para diversos fines, como la conservación *ex situ*, jardines botánicos, restauración ecológica e investigación, entre otros. Generalmente, las semillas se recogen de hábitats naturales o seminaturales que no han sido alterados. La recolección ideal se realiza de árboles que presenten características deseadas, como una copa bien formada, tallos rectos y sin distorsiones, además de ser resistentes a condiciones desfavorables y plagas. Sin embargo, las semillas de un árbol pueden tener características no deseadas, como enfermedades o plagas. Por lo tanto, la diversidad de semillas es tan crucial como su calidad (Sacco, Way, Suárez y León, 2018).

Para Suárez (2014), las plantas de donde se extraen las semillas deben ser las más vigorosas, o por ejemplo contar con las características siguientes: la altura de 4 m, de rama frondosa, de buen estado sanitario, tener una producción superior a 30 kg de vainas por planta y de vainas grandes de 8 a 9 cm de largo.

Según William (1991), en las recolecciones a pequeña escala destinadas a la investigación, la elección de los árboles dependerá de los objetivos específicos del estudio. En varios países, se dedica una atención significativa a la investigación sobre las procedencias. De acuerdo con las directrices de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) sobre la recolección de semillas de distintas procedencias, se destaca lo siguiente en relación con la selección de árboles:

- Recolectar semillas de al menos 10 árboles por rodal, preferiblemente entre 25 y 50.
- Los árboles donantes de semillas deben estar separados por una distancia mínima, igual a la distancia en que las semillas pueden caer.
- Es necesario marcar los árboles de los cuales se recolectan las semillas y recolectar un número igual de frutos por cada árbol.

### **2.2.7. Procedencia de la semilla**

Zalles (1998), indica que, la procedencia se refiere a la fuente geográfica o al lugar de origen de un grupo de semillas o polen, en un sentido estricto, se trata de la localidad geográfica donde se encuentran los árboles progenitores y donde se ha desarrollado su constitución genotípica mediante selección natural, esta área es lo suficientemente extensa para permitir la recolección del material de reproducción y está definida por límites visibles que facilitan su identificación en el terreno. Estos límites deben establecerse con cuidado, considerando la máxima uniformidad posible en términos fenotípicos y ecológicos.

Pieter (1982), menciona que las plantas destinadas al cultivo deben crecer en condiciones ambientales similares a las de sus progenitores, la información completa sobre la procedencia de las semillas debe incluir los siguientes datos:

- Fecha de recolección de la semilla
- Altitud, ubicación geográfica y nombre del lugar de recolección
- Nombres comunes y científicos de los árboles progenitores, así como su estado (naturales o implantados)
- Precipitación anual promedio, y temperaturas máximas y mínimas mensuales
- Profundidad, textura y acidez del suelo

### **2.2.8. Propiedades externas de la semilla**

#### **a. Pureza física**

Álvarez y Verona (1988), explican que este análisis tiene como objetivo determinar el porcentaje de semilla pura (por masa) en una muestra, lo cual es crucial para verificar la autenticidad de la semilla y determinar la cantidad adecuada necesaria para una siembra específica. Este análisis se complementa con los resultados de la germinación de la fracción de semilla pura.

Según la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA 1976), citada por Zalles (1988), el término "semilla pura" se refiere a las semillas de la especie en cuestión. Esto incluye tanto las semillas maduras y sin daños, como las semillas de tamaño inferior al normal que fueron recogidas inmaduras y germinadas, siempre y cuando puedan identificarse claramente como parte de la especie en cuestión. También se incluyen los fragmentos de semillas rotas cuyo tamaño sea superior a la mitad de su tamaño original.

#### **b. Peso en mil semillas**

La Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA 1976), citada por Zalles (1988), recomienda usar ocho réplicas de cien semillas cada una para calcular la desviación estándar, el coeficiente de variación y la media. Si el coeficiente de variación es inferior a cuatro, se acepta la media; si es superior, se deben realizar otras ocho réplicas.

Moreno (1984), señala que el propósito de esta prueba es determinar el peso de mil semillas de una muestra. Esto se puede hacer de dos maneras: utilizando la totalidad de la semilla pura obtenida del análisis de pureza, o mediante ocho repeticiones de cien semillas puras cada una.

#### **c. Contenido de humedad de la semilla**

Álvarez y Verona (1988), señalan que conocer el contenido de humedad de la semilla es crucial para determinar si fue cosechada en el momento adecuado, si ha sido manipulada correctamente y si puede almacenarse sin riesgo de deterioro. Además, esta información es útil para uniformar el contenido de humedad y comparar la masa de la semilla en diferentes niveles de humedad.

Moreno (1984), define el contenido de humedad como la cantidad de agua presente en las semillas, expresada en porcentaje. Este contenido puede calcularse en función del peso húmedo o seco de la muestra, siendo común en la investigación utilizar el contenido basado en el peso seco.

El mismo autor menciona que la humedad es el factor principal que contribuye al deterioro de las semillas. Algunas semillas se cosechan con altos niveles de humedad que deben reducirse rápidamente mediante el secado para evitar su deterioro, así como la proliferación de hongos e insectos durante el almacenamiento.

### **2.2.9. Propiedades internas de la semilla**

#### **a. Viabilidad**

Es el período de tiempo en el cual las semillas mantienen su capacidad de germinar. Este período puede variar y depende tanto del tipo de semilla como de las condiciones de almacenamiento. Según la longevidad de las semillas, algunas pueden germinar incluso después de décadas o siglos, especialmente aquellas con una cubierta seminal dura, como las leguminosas (Doria, 2010, págs. 75-77).

Una semilla tendrá una vida más larga cuando su metabolismo sea menos activo. Esto, a su vez, genera una serie de productos tóxicos que, al acumularse en las semillas, pueden tener efectos mortales sobre el embrión (Doria, 2010, págs. 75-77).

#### **b. Germinación y emergencia**

Bajo condiciones de laboratorio, la germinación inicia cuando el agua se infiltra en la semilla (absorción) y concluye con la expansión de la radícula. No obstante, en circunstancias de campo, no concluirá hasta que la plántula emerja y se transforme en una plántula regular. Así, se inicia el proceso metabólico necesario para la germinación (Pérez, 2016).

Para que la semilla alcance su meta, el embrión debe convertirse en una plántula capaz de subsistir de manera autónoma mediante procesos metabólicos y morfogénéticos. Los elementos internos influyen en el proceso de germinación, como la aptitud del embrión, la eficiencia y volumen de la reserva de tejido, y varios tipos de latencia. Elementos externos tales como el grosor de la punta de la

semilla, la presencia de agua, la temperatura y la clase de luz balancean el proceso de germinación.

Las etapas que componen el proceso de germinación incluyen:

- Imbibición o absorción de agua por la semilla.
- Activación del metabolismo, que incluye el proceso de respiración, la síntesis de proteínas y la movilización de sustancias de reserva.
- Elongación del embrión y ruptura de la testa, a través de la cual emerge la radícula (Suárez y Melgarejo, 2014).

Gómez (1972), define la germinación de una semilla como "la emergencia y el desarrollo de todas las estructuras esenciales a partir del embrión, lo cual indica su capacidad para producir una planta normal en condiciones favorables".

Carl (1980), describe la germinación como un proceso completo una vez que la semilla ha germinado y la plántula se ha establecido. La germinación es la reanudación del crecimiento del embrión y concluye cuando la radícula emerge de la cubierta seminal. El establecimiento se refiere al período que comienza al final de la germinación y finaliza cuando la plántula se independiza del alimento almacenado en la semilla.

Según Duffus y Slaughter (1985), la germinación es un proceso mediante el cual una estructura pequeña e inactiva, con un suministro mínimo, se transforma en una planta en crecimiento activo que se vuelve autosuficiente antes de que se agoten los materiales de reserva de la semilla. Este proceso se divide en dos fases: primero, el inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por su crecimiento y diferenciación, apoyado en la utilización de materiales de reserva inmediata del embrión. El crecimiento continuo del embrión es mantenido por el flujo de productos derivados del hidrólisis de los cotiledones o de reservas alimenticias extraembrionarias, como el endospermo. Esta fase persiste hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere al agotarse las reservas alimenticias.

Fernández y Almora (1989), explican que la germinación es el proceso mediante el cual una semilla, bajo condiciones favorables, es capaz de desarrollar una plántula a partir de su embrión. Zalles (1988), propone para un ensayo de germinación de un lote de semillas tomar 400 semillas, organizándolas en repeticiones según su tamaño en 4 grupos de 100, 8 grupos de 50 y 16 grupos de 25 semillas.

### **c. Sanidad de la semilla**

Ramos (1990), menciona que antes de almacenar las semillas, tanto el espacio de almacenamiento como las propias semillas deben ser desinfectadas. Las semillas son altamente vulnerables al ataque de gorgojos, ya sea directamente o a través de los frutos, lo cual puede causar problemas graves en los viveros. Si estos ataques ocurren temprano, antes de la madurez, las pérdidas pueden ser inevitables.

William (1991), señala que la manipulación inadecuada en el bosque, durante el transporte o el procesamiento, puede causar deterioro fisiológico en las semillas, incluso si no presentan daños mecánicos o por hongos. Por ello, es fundamental evitar recolectar cosechas con alta incidencia de ataques de hongos o insectos, y realizar todas las operaciones de recolección, transporte y procesamiento lo más rápidamente posible para asegurar que las semillas no se deterioren antes del almacenamiento.

#### **2.2.10. Germinación**

El término germinación describe el proceso mediante el cual el embrión reinicia su crecimiento activo, resultando en la emergencia de una nueva planta capaz de desarrollarse de manera independiente, este proceso implica una serie compleja de cambios bioquímicos, fisiológicos y morfológicos, que pueden observarse en etapas específicas. Se considera que las semillas han germinado cuando la radícula emerge a través del micrópilo y alcanza una longitud de aproximadamente 4 mm. Para que ocurra la germinación, es crucial que se den ciertas condiciones fisiológicas, siendo las más

importantes la oxigenación, temperatura, luz y humedad; la absorción de agua generalmente ocurre en el hilo o la micrópila. El aumento de volumen de la semilla debido a la absorción de agua distiende los tegumentos seminales, los cuales finalmente se rompen en la zona más débil, cerca del micrópilo (Torres, 2019).

El proceso de germinación básicamente consiste en la reanudación del crecimiento del embrión una vez que finaliza su período de latencia y se cumplen las condiciones adecuadas de temperatura, luz, oxígeno y disponibilidad de agua. Sin embargo, algunas especies tienen semillas que no germinan ni siquiera en condiciones favorables, lo que se conoce como semillas latentes. El período de latencia puede estar relacionado tanto con el embrión mismo como con la cubierta de la semilla. El primer signo de que la germinación ha comenzado es la aparición de una radícula que atraviesa los tejidos circundantes (Osorio, 2023).

#### **2.2.11. Condiciones para la germinación**

Entre los factores que influyen en el proceso de germinación y la velocidad de una semilla se encuentran la humedad del sustrato, la temperatura, la luz, el oxígeno y el dióxido de carbono. De estos, la humedad y la temperatura son los más determinantes, ya que están relacionados con las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas en la semilla tras su rehidratación, lo que disminuye la tasa y el porcentaje de germinación (Caroca, Zapata y Vargas, 2016).

Cada elemento puede restringir o fomentar la germinación. Los elementos internos que regulan la germinación son notables: el tegumento, al cubrir completamente la semilla, impide la entrada de cualquier sustancia, la existencia de células vivas, la existencia de inhibidores, la viabilidad y la durabilidad. Los elementos extrínsecos incluyen temperatura, humedad, precipitación, concentración de oxígeno y dióxido de carbono, luz, etileno, sustancias químicas y volátiles (Vargas, 2017).

**a. Agua**

El agua es vital para la germinación, ya que las semillas generalmente tienen un contenido de agua relativamente bajo, y los procesos fisiológicos que conducen a la germinación solo ocurren cuando hay un aumento en su proporción (Vásquez, 2001).

**b. Aire**

El aire también juega un papel vital, ya que las semillas tienen diversas necesidades de oxígeno que son críticas para la germinación. El oxígeno es necesario para las reacciones químicas que transforman las reservas de la semilla durante el proceso respiratorio la disponibilidad de oxígeno en el suelo se ve afectada por la cantidad de agua presente; las semillas no germinan en suelos anegados o encharcados, y tampoco cuando se siembran a una profundidad excesiva (Vásquez, 2001).

**c. Temperatura**

La luz representa un factor de gran interés y tiene un impacto significativo en la germinación y el crecimiento de las plantas, además de desempeñar un papel ecológico crucial que influye en la distribución de las especies vegetales, las semillas tienen diferentes exigencias de luz, que varían según las especies y el entorno. Para cada especie existe un rango óptimo de temperatura, fuera del cual la germinación no ocurre, tanto en condiciones de temperaturas bajas como altas (Vásquez, 2001).

**d. Luz**

El efecto de la luz en la germinación varía entre las especies, algunas requieren luz, mientras que otras no. Esta exigencia puede cambiar dependiendo de las condiciones ambientales, con requerimientos que pueden variar entre 20,000 y 100,000 lux (Vásquez, 2001).

### **2.2.12. Latencia de las semillas**

El letargo se describe como una condición en la que los embriones son sensibles al frío y profundo, aunque esta somnolencia es heterogénea y puede variar considerablemente incluso dentro del mismo lote. Algunos autores consideran que la somnolencia en la haya es fisiológica e intermedia, indicando que, aunque las semillas son permeables, los procesos fisiológicos impiden la aparición de radículas. El letargo puede superarse utilizando una capa fría, y un pretratamiento a temperaturas cálidas puede abordar la somnolencia morfológica causada por un desarrollo embrionario insuficiente (Bilbao, 2010). Existen diferentes tipos de latencia, y una misma semilla puede presentar más de un tipo. La clasificación más sencilla distingue entre latencia endógena o del embrión, latencia exógena o de la cubierta seminal, y latencia combinada, donde la latencia afecta tanto a la cubierta seminal como al embrión (FAO y DANIDA, 1991: p.420-500).

El problema de la latencia se aborda mediante el desarrollo y la aplicación de diversas técnicas de pregerminación en las semillas. La latencia es la fase inactiva de la semilla, que retrasa el crecimiento, el desarrollo y limita el proceso metabólico a niveles mínimos. Su función principal es evitar la germinación hasta que las condiciones ambientales sean favorables y haya altas probabilidades de éxito en el crecimiento de la plántula. Los factores ambientales, como la temperatura, la humedad, el tipo y la cantidad de luz, son las principales causas de este retraso. Asimismo, las características intrínsecas de la semilla, que actúan de manera autónoma o en interacción con los factores ambientales, también contribuyen al retraso (Sobrevilla, López, y López, 2015).

Las semillas saludables de especies forestales a menudo no germinan o su proceso se desarrolla de manera gradual. Esto ocurre porque no hay condiciones propicias para la germinación, ya sea debido a la ausencia de humedad, ventilación o temperatura conocida como quiescencia, y la latencia, o letargo, se debe a las condiciones fisiológicas y morfológicas de la semilla (Suárez y Melgarejo, 2014).

**a. Latencia exógena**

- Física o mecánica: La cubierta del tegumento es impermeable y/o dura.
- Química: Sustancias químicas que impiden la germinación debido a la producción por la cubierta de semillas (De Luca, 2016).

**b. Latencia endógena**

- Fisiológica: El embrión requiere un período de enfriamiento húmedo para que los mecanismos fisiológicos actúen.
- Morfológica: Embriones subdesarrollados o indiferenciados, donde el embrión no se desarrolla completamente durante la época de maduración (Mérola y Díaz, 2019).

**2.2.13. Tratamientos pregerminativos**

Los tratamientos para superar la dormancia física de la cubierta de la semilla buscan suavizar, perforar, rasgar o abrir el revestimiento para facilitar la penetración sin dañar el embrión ni el endospermo internos. Diversos factores ambientales retrasan el proceso de germinación y actúan de manera constante durante largos períodos de tiempo. Los factores más importantes incluyen la disponibilidad de agua, temperatura, oxígeno, dióxido de carbono y luz (Quiroz, García, Gonzales, Chung y Soto, 2015).

La pregerminación consiste en superar el retraso en las semillas, ya que la mayoría de las plantas no germinan de inmediato después de alcanzar la madurez, y pueden permanecer inactivas durante semanas, meses o incluso años. Algunas semillas germinan durante los períodos de almacenamiento en seco o en primavera, mientras que otras lo hacen de manera irregular a lo largo de un período de 2 años o más. Para eliminar la latencia, se emplean tratamientos pregerminativos biológicos, mecánicos, físicos y/o químicos, con el objetivo de lograr que las semillas germinen de manera más rápida, abundante y uniforme (Gaibor, 2017).

#### **2.2.14. Escarificación**

Estos procesos tienen como objetivo hacer que la cáscara u otra capa protectora de la semilla sea más permeable al agua y al aire, para no interferir con la germinación. Esto se logra reduciendo los recubrimientos gruesos, duros y resistentes, permitiendo así que la germinación ocurra más rápidamente. Los tratamientos más comunes son:

##### **a. Escarificación Química**

Es el uso de productos químicos como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido giberélico, que debilitan la capa externa de las semillas y eliminan posibles plagas e impurezas presentes en su recubrimiento. Es importante manejar estos ácidos con precaución debido a su toxicidad al ser inhalados y su carácter cáustico para la piel. Por lo tanto, es necesario utilizar ropa de protección adecuada durante su manipulación para evitar posibles accidentes.

Ácido Sulfúrico: se destaca como uno de los tratamientos pregerminativos más eficaces, tanto en distintas concentraciones y periodos de inmersión, lo que permite su consideración en diversos viveros. Cuando interactúa con las semillas, la testa se debilita, y el ingreso de agua y aire al embrión facilita la germinación de la semilla (Viveros, 2018).

El ácido sulfúrico se distingue por ser un líquido transparente a temperatura y presión ambiente; es corrosivo para los metales; causa severas quemaduras en la piel y daños oculares; tiene un peso superior al del agua. Su composición es  $H_2SO_4$  compuesto por elementos como: Oxígeno 65,25 %; azufre 32,69 %; hidrógeno 2,06 % (Oliveira, 2016).

##### **Hidróxido de Sodio**

Es un compuesto artificial que, al disolverse en agua o al neutralizarse con un ácido, libera una gran cantidad de calor capaz de encender materiales combustibles. Por esta razón, cuando las semillas entran en contacto con él, su

capa externa (testa) se reduce, lo que favorece la aceleración del proceso de germinación (Manotoa, 2015).

Se distingue por su alta corrosividad, tanto en metales como en tejidos, y por su capacidad de absorber humedad y dióxido de carbono del ambiente. Su fórmula molecular es NaOH, compuesto por 57,48 % de sodio, 2,52 % de hidrógeno y 40,00 % de oxígeno. Es importante destacar que se presenta como un sólido blanco, y se emplea comúnmente en una disolución al 50 % para facilitar su manejo (Roth, 2020).

### **Ácido Giberélico**

Estas hormonas son metabolitos del hongo *Giberella fujikuroi*. Aunque presentan algunas propiedades similares a las hormonas de crecimiento en ciertas especies, no muestran el mismo tipo de transporte polarizado tan marcado como las auxinas. Su función principal consiste en acelerar la división celular (mitosis), fomentar el crecimiento del tallo, interrumpir el período de latencia de las semillas e inducir la formación de yemas y el desarrollo de los frutos (Flor, 2016).

Posee la habilidad de intensificar la germinación, disminuir la capa de endospermo, impulsar el crecimiento del embrión y movilizar las sustancias de reserva, razón por la cual es muy empleado. Además de su uso en semillas y frutas, también tiene el potencial de reemplazar estímulos ambientales, tales como la luz y la temperatura (Ochoa, 2019).

Actúa en concentraciones muy bajas y se desplaza al interior de las plantas, afectando principalmente a las partes aéreas. Esto acelera el crecimiento vegetativo de nuevos brotes, que resultan en plantas de mayor tamaño. En algunos casos, el alargamiento celular es consecuencia del aumento en la proliferación celular (Lara, 2019).

## **b. Escarificación Mecánica**

Las semillas con una testa dura e impermeable presentan un proceso complejo para la imbibición de agua y el intercambio de gases. Es necesario aplicar métodos que alteren o dañen la cubierta de las semillas mediante abrasión, corte, pinchazo o perforación, lo que activa los procesos que estaban en reposo. Se recomienda tener precaución al usar cualquier herramienta para evitar dañar el embrión. Por esta razón, se debe intervenir en la pared correspondiente, que se encuentra en el extremo de los cotiledones (Quispe, 2014).

Implica raspar la cubierta de la semilla con papel de lija, lijar o romper la cubierta de la semilla con un martillo o pinzas. De tratarse de grandes cantidades, se usa una hormigonera con grava o arena en su interior, máquinas con tambores giratorios forrados en su interior con material abrasivo como lijas, cemento, arenas (Muñoz, 2018).

### **Lijado de Puntas**

Consiste en raspar la cubierta de la semilla utilizando papel de lija, lijar o romper la envoltura de la semilla con un martillo o pinzas. En el caso de trabajar con grandes cantidades, se emplea una hormigonera con grava o arena en su interior, o máquinas con tambores giratorios recubiertos con materiales abrasivos como lijas, cemento o arenas (Muñoz, 2018).

### **Quemado**

El instrumento más utilizado en este procedimiento es el cautín (instrumentos de soldadura), para evitar el daño al embrión. El punto u orificio debe situarse en la testa opuesta. Este proceso de quemadura facilita la transferencia de agua y oxígeno (Lara, 2019).

### **c. Escarificación por inmersión en agua**

Es un método sencillo y facilita el comienzo precoz del proceso de germinación. De la misma manera que activa las enzimas y moviliza las reservas, también ablanda las testas duras y elimina inhibidores químicos. La infusión durante 2 a 48 horas potencia la germinación de diversas especies de árboles tropicales (Robayo, 2021)

Varios métodos de tratamiento incluyen la inmersión de semillas en agua u otros líquidos. Estos métodos a veces combinan dos efectos principales: suavizar la cubierta dura de la semilla y eliminar inhibidores químicos. Dependiendo de la resistencia a la germinación de cada especie, el tiempo de remojo puede variar entre 24, 48 o 72 horas a temperatura ambiente. En algunas especies, se recomienda aplicar este tratamiento después de la escarificación para acelerar la germinación (FAO y DANIDA, 1991, pp. 420-500).

#### **Agua Caliente**

Al suministrar distintos rangos de temperatura, se logran resultados favorables, como en el caso de las semillas de algarrobo (*Samanea saman*). La inmersión en agua a punto de ebullición durante 15 minutos da como resultado una germinación del 67 % de esta especie, siendo este porcentaje considerable en comparación con otros tratamientos (Sarmiento y Piña, 2020).

#### **Agua Fría**

Incapoma (2016), confirma que este método, debido a su baja temperatura, requiere más tiempo, pero tiene un efecto positivo porque simula las condiciones ambientales necesarias para que ciertas especies germinen. Este método consiste en remojar las semillas en agua fría durante 1, 2 o 3 días, y se usa para semillas que no son muy duras, como las leguminosas. Se indica que una estratificación en frío de 8 semanas a 5 °C puede aumentar la velocidad de germinación de especies

como *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz, reduciendo el tiempo de 43 semanas (testigo) a 18 semanas (Rodríguez, 2017).

#### **d. Tratamientos Hormonales**

El procedimiento bioquímico de brotación es inducido por estímulos externos. En general, el empleo de ácido giberélico (giberelina) provoca la germinación, y tanto la auxina como la citoquinina han mostrado resultados positivos. Es fundamental estudiar la especie para determinar la concentración y dosis recomendadas, especialmente considerando que la cubierta de la semilla es impermeable y requiere ciertos tratamientos para asegurar la penetración de la hormona en la semilla (Castleton, 2018).

#### **e. Combinación de tratamientos**

En ocasiones, la aplicación simultánea de dos métodos de tratamiento puede mejorar la tasa de germinación. En general, la combinación más eficaz consiste en añadir agua de riego tanto durante como antes de la siembra. Al incorporar métodos previos, como el humedecimiento del sustrato, se optimiza el tiempo y aumenta la probabilidad de éxito. Si bien algunos consejos generales pueden ser útiles, no son imprescindibles para todas las especies, como es el caso de remojar las semillas durante unas horas antes de la siembra, independientemente de si se requiere o no la germinación (Castleton, 2018).

### **2.2.15. Estratificación**

Este tratamiento se emplea para superar la latencia fisiológica y consiste en colocar las semillas en condiciones de temperatura cálida o fría para mantener la humedad, generalmente utilizando materiales como arena, turba o vermiculita. La estratificación fría se realiza a temperaturas de 4 a 10 °C, durante períodos que varían entre 20 y 60 días, e incluso hasta 120 días. En cuanto a la estratificación cálida, las semillas se exponen a temperaturas más altas, entre 22 y 30 °C, durante un período de 30 a 60 días, favoreciendo así la germinación (Varela y Arana, 2017).

Según Gaibor (2017), el método más eficiente para romper la dormancia de las semillas y facilitar su germinación rápida consiste en aumentar la permeabilidad de la epidermis y exponer las semillas a diversos ambientes fríos, húmedos y ventilados durante semanas o meses. Para ello, las semillas se estratifican en capas cubiertas de arena, musgo y aserrín, dentro de una caja de madera o un recipiente de metal.

#### **2.2.16. Luminosidad**

La variación en la luminosidad del entorno puede influir de manera positiva o negativa en el proceso de germinación y, en última instancia, convertirse en un factor determinante para el crecimiento y la supervivencia de las semillas. Este efecto está estrechamente relacionado con el genotipo de la semilla y las condiciones ambientales presentes durante su maduración (Vargas, Duque y Torres, 2015).

En ciertas especies, la interacción entre la luz y la temperatura puede variar considerablemente. En algunos casos, la luz puede sustituir por completo el efecto de la temperatura alternante, mientras que, en otros, el impacto de la luz solo se ve reducido en cuanto a la amplitud necesaria para que la germinación ocurra (García, Simonetti y Becerra, 2016).

#### **2.2.17. Sustrato**

Silvestre (2019, p. 13) define el sustrato como cualquier material sólido diferente al suelo, ya sea de origen natural, sintético, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor en su forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando así un papel de soporte para la misma.

Pastor (1999) describe al sustrato como cualquier material sólido distinto del suelo, que puede ser natural, sintético, mineral u orgánico. Este material, colocado en contenedores de forma pura o mezclada, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular, pudiendo participar o no en el proceso de nutrición de la planta. El sustrato actúa como medio de crecimiento, proporcionando a las plantas agua, aire, nutrientes minerales y soporte físico durante su permanencia en el vivero (Buamscha et

al., 2012). En el sustrato se pueden sembrar semillas e insertar esquejes, estacas o plántulas, con el objetivo de propiciar un buen crecimiento dentro del espacio limitado que ofrece su contenedor, como macetas, bolsas o jardineras (Alvarado y Solano, 2002).

Conseguir un sustrato que cumpla con todas las funciones necesarias es un desafío, por lo que comúnmente se combinan diferentes materiales cuyas propiedades individuales, al unirse, proporcionan a la planta los nutrientes minerales, agua, aire y soporte físico requeridos durante su estancia en el vivero (Buamscha et al., 2012). En su preparación, se pueden utilizar compost, arena de río, estiércol descompuesto, tierra de capa arable de campos agrícolas, acículas de pino, viruta, entre otros. Estos materiales se mezclan con el fin de que cada uno aporte características que favorezcan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Alcalá y Quenter, 2018).

#### **2.2.18. Tipos de sustrato**

##### **a. Turba**

La turba es un sustrato natural, resultado de la descomposición de materiales vegetales, cuyas propiedades varían según las condiciones climáticas en las que se desarrolla. La preservación de los ecosistemas de turberas es fundamental debido a su relevancia ecológica, la existencia de una flora y fauna particulares, y su función en la regulación de los sistemas hidrológicos locales (Delgado et al., 2016, p. 455-462).

##### **b. Turba negra**

La turba negra se caracteriza principalmente por su color oscuro, resultado de su alta descomposición y de proceder de las capas más profundas del suelo. Este tipo de turba contiene una gran cantidad de materia orgánica y está más descompuesta que otros sustratos convencionales. Debido a su grado de mineralización, presenta bajas concentraciones de materia orgánica, aunque destaca por su buena capacidad de retención de agua y su excelente inercia térmica. Por estas razones, fue uno de los primeros sustratos utilizados en cultivos,

especialmente en viveros. Sin embargo, entre sus desventajas se incluyen su falta de estandarización, la inestabilidad de su estructura y su alta Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.), lo que dificulta considerablemente la nutrición de las plantas (Delgado et al., 2016, p. 455-462).

### **c. Turba rubia**

La turba de la especie *Sphagnum sp.* (conocida genéricamente como turba rubia) ha sido, durante años, el componente más relevante y ampliamente utilizado en los sustratos para el cultivo de plantas ornamentales en contenedor. La adecuación de la turba rubia se debe a sus características inherentes, destacándose por sus excepcionales propiedades físicas, como la densidad aparente, la porosidad y la capacidad de retención de agua (Delgado et al., 2016, p. 455-462).

### **d. Fibra de coco**

El residuo de fibra de coco ha sido aprovechado de manera excelente al ser transformado en sustrato para cultivos. Aunque su uso en varios países es relativamente reciente, está generando resultados sobresalientes, como en el caso del cultivo de rosas en Colombia y las orquídeas en Costa Rica. Su popularidad se debe principalmente a sus excepcionales propiedades físicas, su carácter ecológico y su facilidad de manejo. Esta fibra pertenece a la familia de las fibras duras, como el henequén, y se caracteriza por su baja conductividad, así como por su resistencia a las bacterias, al agua y a impactos, debido a su composición basada en celulosa y leño (Álvarez y Rico, 2018, p. 40).

### **e. El humus**

Es la excreta de lombriz (lombricomposta o humus) es un fertilizante 100 % natural, obtenido a través de la transformación de residuos orgánicos compostados por la lombriz roja o de California, utilizado principalmente para mejorar suelos degradados. La composición y calidad de la lombricomposta dependen del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz; por lo tanto,

un manejo adecuado de estos residuos, para formular una mezcla bien equilibrada, dará lugar a una lombricomposta de alta calidad (García, 2013).

El humus de lombriz es un abono orgánico natural, libre de elementos químicos sintéticos, y muy rico en macro y micronutrientes, proveniente de la preparación de residuos fitoaprovechables por la lombriz roja. Constituye una alternativa ideal y completa para la fertilización de cultivos en general, especialmente los ecológicos (Coque, 2013).

#### **f. Tierra negra**

Es un tipo de tierra originaria de los suelos de los páramos en Ecuador, conocidos comúnmente como suelos negros andinos, que se ubican a altitudes que varían entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. Estos suelos son francos y tienen una retención de agua del 100 %. Se encuentran principalmente en las vertientes de las cordilleras, con pendientes que van desde suaves hasta pronunciadas (Moreta, 2014, p. 16).

### **2.2.19. Tratamiento del sustrato**

#### **a. Preparación del sustrato**

La preparación del suelo es un procedimiento de preparación que tiene como objetivo optimizar las condiciones del suelo para facilitar el arraigo y el desarrollo saludable de las plantas que se establecerán en él (Muñoz, 2004).

#### **b. Desinfección del suelo**

En el suelo coexisten diversos organismos como insectos, patógenos, virus y bacterias, los cuales desempeñan roles cruciales en la actividad biológica, descomposición de materia orgánica y asimilación de nutrientes. No obstante, algunos de estos organismos pueden dañar y atacar las semillas o plántulas recién germinadas, afectando negativamente la producción de plántulas (Vásquez, 2001).

El método más común para controlar estos organismos es la desinfección del suelo con formol al 40 %, conocido por su potente capacidad desinfectante. Para ello, se prepara una solución con 20 cc de formol por litro de agua por cada metro cuadrado de suelo, la cual se aplica de manera uniforme y se cubre con polietileno o periódico debido a la volatilidad del formol. Después de cuatro o cinco días, se retira la cubierta y se rastrilla el suelo. Tras dos o tres días de haber removido el suelo, este estará listo para la siembra. Es importante señalar que este procedimiento tiene la desventaja de eliminar todos los microorganismos del suelo, incluidos aquellos beneficiosos (Vásquez, 2001).

#### **2.2.20. Usos de la tara, Según Mendoza (2015)**

##### **a. Curtidos y peletería**

La industria de curtidos y peletería se dedica a transformar pieles de animales en cuero, un material duradero y resistente ampliamente utilizado en la fabricación de calzados, prendas de vestir (como guantes y confecciones), artículos de marroquinería y otros productos de piel. El proceso de curtido puede llevarse a cabo mediante el uso de agentes curtientes minerales, vegetales, sintéticos y, en casos especiales, con aceites de pescado o compuestos alifáticos sintéticos.

##### **b. En Medicina**

En medicina, los astringentes se utilizan principalmente por su capacidad para coagular las proteínas de las mucosas y tejidos, formando una capa protectora que ayuda a reducir la irritación y el dolor. De forma externa, los preparados a base de plantas ricas en taninos, como las decocciones, se emplean para detener pequeñas hemorragias locales, tratar inflamaciones en la cavidad bucal, catarros, bronquitis, quemaduras, hemorroides, entre otros. Internamente, estos productos son eficaces en el tratamiento de la diarrea, problemas intestinales, enfermedades vesiculares y también actúan como antídotos en casos de intoxicación por alcaloides vegetales.

### **c. En Alimentación**

En la alimentación, los taninos proporcionan el distintivo sabor astringente a productos como el vino tinto (contribuyendo parcialmente a su bouquet), té, café y cacao. Además, sus propiedades precipitantes se utilizan para clarificar vinos y cervezas.

### **d. En la Industria**

En la industria, los taninos se emplean en la producción de tintas y en el curtido de pieles, gracias a su capacidad para transformar las proteínas en productos que son resistentes a la descomposición. Este proceso utiliza diferentes tipos de taninos, siendo los más comunes los derivados de acacia, castaño, encina, pino y bastarda.

#### **2.2.21. Viveros**

El vivero consiste en un conjunto de instalaciones destinadas principalmente a la producción de plantas para satisfacer las necesidades de los programas de reforestación. Dependiendo de su finalidad, los viveros pueden ser temporales o permanentes (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2022).

#### **2.2.22. Repique de plántula**

A diferencia de otras especies, se recomienda proceder a realizar el repique antes de que emerja el segundo par de hojas, incluso entre los 20 días o un mes, debido al rápido desarrollo longitudinal de su raíz. Las experiencias en la producción de plántulas han mostrado que, si el repique se efectúa después de este período, puede causar una mortalidad superior al 80 % (Basurto, 2011).

#### **2.2.23. Camas de repique**

La cama de repique tiene un ancho de 1,0 m y un largo de 10,0 m, aunque este último puede ajustarse según la disponibilidad de terreno. Se utilizan bolsas planas de polietileno negro de 13 x 18 cm y 1 mm de espesor, con 4 perforaciones en la base. El

sustrato a emplear debe ser, preferentemente, una mezcla de tierra negra, arena y estiércol descompuesto en una proporción de 3:2:1, respectivamente. Para el tinglado, similar al almácigo, se puede utilizar el mismo tipo de material, y debe instalarse después del repique, a unos 30 o 40 cm sobre el suelo. Este tinglado debe ser móvil, permitiendo que se pueda recoger hacia un extremo durante las mañanas, por ejemplo, de 8:00 a 18:00 horas, momento en el cual se vuelve a cubrir la cama para evitar los efectos de las heladas. En cuanto a la densidad de sombra, el tinglado debe permitir el paso de aproximadamente el 30 % de la luz. Durante las primeras semanas tras el repique, la tara no requiere mucha luz directa. Sin embargo, después de la aparición del segundo par de hojas, el tinglado puede retirarse definitivamente (Basurto, 2011).

#### **2.2.24. Manejo de plagas y enfermedades en la germinación en el vivero**

En la primera etapa de germinación y crecimiento, el principal problema es la susceptibilidad a la "chupadera" o "damping off" (causada por un hongo), que ocurre cuando hay exceso de agua (charcos en el almacigo o en el hoyo de la plantación). La mejor forma de controlarla es reduciendo la frecuencia de riego y aplicándolo de manera superficial, rápida y en menor volumen. En el vivero y en los hoyos se puede aplicar cualquier fungicida comercial que controle el hongo causante de la "chupadera"; anteriormente se utilizaba BENLATE (Mancero, 2008, págs. 9-32).

### **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

#### **2.3.1. Germinación**

Proceso mediante el cual una semilla desarrolla un nuevo organismo vegetal, comenzando con la emergencia de la radícula (raíz) y terminando con la aparición de la plántula.

#### **2.3.2. Tratamientos Pregerminativos**

Métodos aplicados antes de la siembra para mejorar la germinación de semillas, tales como el raspado, la escarificación, la inmersión en agua o el uso de calor.

### **2.3.3. Sustratos Orgánicos**

Materiales naturales y biológicos utilizados como medio de cultivo para las semillas, que pueden incluir compost, turba, humus de lombriz, entre otros.

### **2.3.4. Tara**

Especie vegetal leguminosa nativa de la región andina, conocida por su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo y su importancia en la industria del tanino.

### **2.3.5. Plántula**

Planta joven que ha germinado a partir de la semilla y está en las primeras etapas de crecimiento.

### **2.3.6. Escarificación**

Método pregerminativo que consiste en dañar parcialmente la semilla para facilitar la entrada de agua, promoviendo así su germinación.

### **2.3.7. Humedad Relativa**

Cantidad de vapor de agua presente en el aire, expresada como porcentaje de la máxima cantidad de vapor que el aire puede retener a una temperatura dada.

### **2.3.8. Condiciones Ambientales**

Factores climáticos que influyen en el proceso de germinación, como temperatura, luz, humedad y viento.

### **2.3.9. Coeficiente de Variación**

Indicador estadístico que expresa la dispersión relativa de los datos en relación con su media, utilizado para evaluar la consistencia de los resultados.

### **2.3.10. Emergencia**

Proceso en el cual la plántula comienza a salir del sustrato o medio de cultivo, indicando que la germinación ha sido exitosa.

### **2.3.11. Varianza**

Medida estadística de la dispersión de los datos, que permite analizar la diferencia entre los resultados observados y la media en un conjunto de datos.

### **2.3.12. Tanino**

Compuesto orgánico presente en la tara, utilizado en la industria del curtido de cuero debido a sus propiedades astringentes.

### **2.3.13. Tratamiento de Calor**

Técnica de pregerminación que involucra el calentamiento de las semillas para acelerar su proceso de germinación.

### **2.3.14. Escarificación Mecánica**

Método de tratamiento pregerminativo que consiste en raspar la semilla con herramientas abrasivas, como lijas, para facilitar la absorción de agua.

### **2.3.15. Planteo**

Proceso de sembrar las semillas en el sustrato con el fin de iniciar la germinación y el desarrollo de los plantines.

### **2.3.16. Sustrato**

Material o medio en el cual se colocan las semillas para que germinen, que puede incluir tierra, arena, turba, entre otros.

### **2.3.17. Riego**

Acción de suministrar agua a las semillas o plantines para mantener la humedad necesaria para su desarrollo.

### **2.3.18. Fase de Latencia**

Período en el cual la semilla está inactiva o dormida, antes de comenzar el proceso de germinación.

### **2.3.19. Manejo de Semillas**

Conjunto de prácticas que incluyen la recolección, conservación y tratamiento de las semillas para optimizar su germinación.

### **2.3.20. Luz**

Factor ambiental que influye en la germinación de las semillas, siendo algunas especies fotoblásticas, es decir, requieren luz para germinar.

### **2.3.21. Estratificación Fría**

Tratamiento pregerminativo que implica someter las semillas a bajas temperaturas durante un tiempo determinado para romper su latencia.

### **2.3.22. Factor Ambiental**

Condición externa que puede influir en el desarrollo de un organismo, como la temperatura, la humedad, la luz y la disponibilidad de nutrientes.

### **2.3.23. Temperatura Óptima**

Rango de temperatura en el cual las semillas germinan con mayor eficacia.

#### **2.3.24. Semilla**

Óvulo fertilizado de una planta que contiene el embrión, el cual, bajo las condiciones adecuadas, desarrollará una nueva planta.

#### **2.3.25. Biofertilizante**

Sustancia biológica que se aplica al suelo o las plantas para promover su crecimiento, mediante la acción de microorganismos beneficiosos.

#### **2.3.26. Biomasa**

Cantidad total de materia orgánica producida por los organismos vivos de un ecosistema en un período determinado.

#### **2.3.27. Fase de Germinación**

Etapa inicial del desarrollo de la planta, en la cual la semilla empieza a desarrollar las estructuras esenciales para la vida, como la raíz y el brote.

#### **2.3.28. Supervivencia**

Capacidad de los plantines para mantenerse vivos después de la germinación, pasando a la fase de crecimiento.

#### **2.3.29. Eficiencia Germinativa**

Capacidad de las semillas para germinar en condiciones controladas, reflejada en la tasa de germinación y el tiempo necesario para que las plántulas emerjan.

## CAPÍTULO III

### MARCO FILOSÓFICO

#### 3.1. Marco filosófico

El marco filosófico de una investigación científica tiene como objetivo proporcionar la base teórica y conceptual que sustenta el proceso investigativo, vinculando la reflexión epistemológica, ontológica y axiológica del estudio. En este caso, la investigación sobre el "Efecto de tratamientos pregerminativos con diferentes sustratos orgánicos en la germinación de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*) en el CEA III Los Pichones - Tacna, 2023" se sitúa dentro de una filosofía científica que considera el conocimiento como un proceso continuo de aprendizaje, basado en la observación, la experimentación y el análisis crítico.

La epistemología, que se ocupa del estudio del conocimiento y la forma en que se construye, es fundamental en la investigación científica. En este caso, la investigación se enmarca dentro del paradigma positivista, donde se busca conocer la realidad a través de la observación objetiva, la recolección de datos cuantificables y el análisis estadístico de los mismos. Según Karl Popper (1972), el conocimiento científico se construye a partir de hipótesis que deben ser sometidas a pruebas empíricas y experimentales, con la finalidad de refutar o confirmar su validez. Este enfoque está presente en la metodología del estudio, ya que se establecen tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos como variables a ser probadas empíricamente mediante experimentación controlada.

Desde el punto de vista ontológico, que se refiere al estudio del ser y la realidad, la tara (*Caesalpinia spinosa*) es considerada una especie vegetal autóctona con una importancia ecológica y económica relevante. Martin Heidegger (1954) sostenía que el ser debe ser comprendido en su contexto, tomando en cuenta no solo su existencia material, sino también las interacciones que establece con el entorno. En este estudio, se reconoce a la tara como una especie que requiere de un tratamiento adecuado para su germinación y desarrollo, lo que pone en evidencia su relación intrínseca con los sustratos

y los tratamientos pregerminativos. La ontología de la tara, por tanto, es vista desde una perspectiva ecológica, en la que sus necesidades específicas de germinación y crecimiento son estudiadas para promover su conservación y cultivo.

La axiología se refiere a los valores que guían el proceso de investigación. En este contexto, los valores que subyacen en este estudio son la sostenibilidad y la conservación. La investigación busca optimizar la germinación de semillas de tara mediante el uso de sustratos orgánicos y tratamientos pregerminativos, lo cual tiene un impacto positivo en la reforestación y la recuperación de ecosistemas degradados. El respeto por la biodiversidad y el compromiso con el medio ambiente son principios fundamentales que orientan la investigación. Según Hans Jonas (1984), la ética ambiental implica la responsabilidad de garantizar que las acciones humanas no perjudiquen a las generaciones futuras ni los ecosistemas naturales. En este estudio, se busca contribuir a la conservación de la tara y, por extensión, al bienestar ambiental de la región de Tacna.

Además del marco epistemológico y ontológico, es necesario señalar que este estudio sigue un enfoque pragmático, dado que los resultados obtenidos tienen una aplicación directa en la mejora de prácticas agrícolas y de reforestación. John Dewey (1938), en su enfoque pragmático, defendió que la ciencia debe tener como objetivo la solución de problemas prácticos y mejorar las condiciones de la vida humana. En este caso, la investigación se centra en la búsqueda de soluciones aplicables a la germinación de semillas de tara, con el fin de mejorar su producción y contribuir a la sostenibilidad de los ecosistemas locales.

El marco filosófico de esta investigación se articula desde una perspectiva epistemológica positivista, que valora el conocimiento basado en la observación empírica y el análisis cuantitativo; una ontología que entiende la tara como un ser natural interrelacionado con su medio ambiente; y una axiología que prioriza la sostenibilidad y la conservación ambiental. Esta combinación filosófica permite que la investigación no solo aborde el fenómeno de la germinación de las semillas de tara desde una visión científica rigurosa, sino también con un compromiso ético hacia la protección y el uso responsable de los recursos naturales.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **4.1. Tipo, nivel y diseño de investigación**

##### **4.1.1. Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo experimental, ya que implicó la manipulación de variables experimentales no previamente verificadas, bajo condiciones estrictamente controladas, con el propósito de describir cómo o por qué ocurre un evento o situación específica. El experimento, dirigido por el investigador, le permite introducir variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de estas variables y evaluar su impacto en las conductas observadas (Galarza, 2021).

##### **4.1.2. Nivel de investigación**

Es de nivel aplicativo o tecnológico, ya que se enfoca en resolver los problemas que surgen en los procesos de producción, distribución, circulación y consumo de bienes y servicios en diversas actividades humanas (Esteban, 2018).

##### **4.1.3. Diseño de investigación**

###### **a. Ubicación del campo experimental**

El estudio se realizó en el Centro Experimental Agrícola, el cual forma parte de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Este centro está ubicado en el distrito, provincia y región de Tacna, a una altitud de 560 metros sobre el nivel del mar, con las coordenadas geográficas de latitud sur  $17^{\circ} 39' 30''$  y longitud oeste  $70^{\circ} 14'.14'$ .

### **b. Características climáticas**

De acuerdo con los datos meteorológicos proporcionados por el Servicio de Meteorología e Hidrología de la Dirección Regional Tacna - Moquegua (Anexo 2), las condiciones climáticas del experimento se tomaron en cuenta los datos del año 2024, periodo durante el cual se llevó a cabo la investigación. La temperatura máxima promedio registrada fue de 25,5°C y la mínima promedio de 14,4°C, valores que se encuentran dentro del rango necesario para el adecuado desarrollo del cultivo.

### **c. Características del material genético**

En este estudio se utilizaron semillas de tara de almidón grande, un ecotipo de planta arbórea que se caracteriza por su corteza rugosa y su coloración marrón o gris oscuro. El fruto tiene vainas indehiscentes cuando alcanza la madurez, presentando un color anaranjado pajizo en ambos lados de la vaina. Estas vainas son oblongas, ligeramente falciformes, y lisas, con dimensiones de 9,80 cm de largo y 2,11 cm de ancho. Este ecotipo es especialmente adecuado para climas subtropicales, ubicados entre los 2,800 y 3,016 m.s.n.m.

### **d. Características del campo experimental**

Para la germinación de las semillas de tara se emplearon tres bandejas de germinación con 128 celdas cada una. El campo experimental consistió en una cama de propagación con un área total de 6,00 m<sup>2</sup>, en la cual se diseñaron tres bloques. Cada bloque se dividió en tres parcelas de 2,00 metros de largo por 1,20 metros de ancho.

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| N° de tratamientos .....  | 16                  |
| Largo de la parcela ..... | 6,00 m              |
| Ancho de parcela .....    | 1,20 m              |
| Área total .....          | 1,20 m <sup>2</sup> |

### e. Diseño experimental

Para la evaluación y análisis de datos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial. Hurtado y Merino (1994), recomiendan este diseño experimental para estudios a campo controlado. En este diseño, se asignaron 6 tratamientos con tres repeticiones, resultando en un total de 18 unidades experimentales. Según Rodríguez del Ángel (1992), en la investigación agrícola se suelen aplicar diseños factoriales a un grupo de unidades experimentales para observar los efectos simples y la interacción entre factores

#### Modelo Lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

#### Donde:

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media poblacional

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B (interacción AxB)

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental de la parcela menor (Eb)

### f. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANVA) con niveles de significancia de 0,05 y 0,01. Para comparar los valores promedio de los tratamientos aplicados, se empleó la prueba de Tukey.

### g. Factores de Estudio etapa 1

En este estudio de investigación, se asignará la denominación de factor A, a los sustratos y la de factor B, a los tratamientos pregerminativos.

**Tabla 1***Tratamientos etapa 1*

| <b>Factor A<br/>(sustratos)</b> | <b>Factor B<br/>(Tratamiento pregerminativos)</b>  | <b>interacción<br/>A X B</b> | <b>Tratamiento</b> | <b>Planta</b> |
|---------------------------------|--|------------------------------|--------------------|---------------|
| <b>a1: Humus</b>                | <b>b1:</b> remojo con agua fría durante 48 horas.  | a1 b1                        | T1                 | p1            |
|                                 | <b>b2:</b> hervir agua durante 10 minutos. dejar enfriar destapada durante 5 minutos, y se pone la semilla al agua, dejar por 24 horas | a1 b2                        | T2                 | p2            |
|                                 | <b>b3:</b> El tercer método mediante raspado de la semilla con lija al agua No. 80   | a1 b3                        | T3                 | p3            |
|                                 | <b>b4:</b> Sin ningún tratamiento  | a1 b4                        | T4                 | p4            |
| <b>a2: Turba</b>                | <b>b1:</b> remojo con agua fría durante 48 horas.  | a2 b1                        | T5                 | p5            |
|                                 | <b>b2:</b> hervir agua durante 10 minutos. dejar enfriar destapada durante 5 minutos, y se pone la semilla al agua, dejar por 24 horas | a2 b2                        | T6                 | p6            |
|                                 | <b>b3:</b> El tercer método mediante raspado de la semilla con lija al agua No. 80   | a2 b3                        | T7                 | p7            |
|                                 | <b>b4:</b> Sin ningún tratamiento  | a2 b4                        | T8                 | p8            |

**h. Factores de estudio etapa 2**

Para realizar la segunda etapa, se consideró las diferentes proporciones de sustratos con las cuales se llenaron las bolsas de polietileno y se designó como el factor S y a las plantas procedentes de los tratamientos anteriores será el factor P.

**Tabla 2***Tratamientos en estudio, etapa 2*

| <b>Factor S</b><br>(Sustrato para las bolsas de polietileno) | <b>Factor P</b><br>(Plantas germinadas y emergidas) | <b>interacción</b><br><b>A X B</b> | <b>Tratamiento</b> |
|--|---|------------------------------------|--------------------|
| s1: 2 Tierra del lugar + 2 Humus<br>de lombriz + 2 arenilla  | p1: Plantas procedentes del T1                      | s1 p1                              | T1                 |
|  | p2: Plantas procedentes del T2                      | s1 p2                              | T2                 |
|  | p3: Plantas procedentes del T3                      | s1 p3                              | T3                 |
|  | p4: Plantas procedentes del T4                      | s1 p4                              | T4                 |
|  | p5: Plantas procedentes del T5                      | s1 p5                              | T5                 |
|  | p6: Plantas procedentes del T6                      | s1 p6                              | T6                 |
|  | p7: Plantas procedentes del T7                      | s1 p7                              | T7                 |
|  | p8: Plantas procedentes del T8                      | s1 p8                              | T8                 |
| s2: 2 Tierra del lugar + 3 Humus<br>de lombriz + 1 arenilla  | p1: Plantas procedentes del T1                      | s2 p1                              | T9                 |
|  | p2: Plantas procedentes del T2                      | s2 p2                              | T10                |
|  | p3: Plantas procedentes del T3                      | s2 p3                              | T11                |
|  | p4: Plantas procedentes del T4                      | s2 p4                              | T12                |
|  | p5: Plantas procedentes del T5                      | s2 p5                              | T13                |
|  | p6: Plantas procedentes del T6                      | s2 p6                              | T14                |
|  | p7: Plantas procedentes del T7                      | s2 p7                              | T15                |
|  | p8: Plantas procedentes del T8                      | s2 p8                              | T16                |

**i. Población y muestra**

La población para la germinación de las semillas de tara estuvo constituida por 128 semillas sembradas en una bandeja de germinación. La población estuvo constituida por 160 bolsas plantadas con plantones de tara, distribuida en 3 repeticiones y 16 tratamientos con un total de 48 unidades experimentales. La unidad experimental se constituyó por 10 bolsas.

El tamaño de la muestra estuvo conformado por el 100 % de la población, es decir, considerando el total de semillas que tiene en una bandeja de germinación y el total de bolsas utilizadas para la propagación de los plantones de tara.

**j. Operacionalización de variables**

## Operacionalización de variables

| Hipótesis específicas  | Objetivos  | Variable Independiente                              | Variable Dependiente            | Indicador  | Método              | Prueba estadística |
|--|--|---|---------------------------------|--|---------------------|--------------------|
| Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos influirán en la germinación de semillas de tara     | Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas de tara | Tratamientos pregerminativos<br>Sustratos orgánicos | Germinación de semillas de tara | Peso de semillas (g)<br>Germinación (%)  | Pesado y porcentaje | ANDEVA<br>TUKEY    |
| Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos influirán en la emergencia de los plantines de tara | Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la emergencia de plantines de tara | Tratamientos pregerminativos<br>Sustratos orgánicos | Emergencia de plantones de tara | Emergencia (%)   | Porcentaje          | ANDEVA<br>TUKEY    |
| Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos influirán en el desarrollo de los plantines de tara | Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de tara | Tratamientos pregerminativos<br>Sustratos orgánicos | Desarrollo de plantones de tara | Profundidad de raíces (cm)<br>Altura de plantas (cm)<br>Diámetro de tallo (cm)<br>Número de hojas (unid) | Medición y conteo   | ANDEVA<br>TUKEY    |

## 4.1.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

**a. Acciones y actividades para determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas de tara**

Las labores realizadas fueron las siguientes:

**Tratamientos pregerminativos:****Tratamientos con remojo en agua fría**

Este tratamiento se llevó a cabo con el objetivo de remojar las semillas en agua fría, con el fin de ablandar sus cubiertas duras, eliminar los inhibidores, suavizarlas y reducir el tiempo de germinación. Las semillas se sumergieron en agua fría durante 48 horas, luego se retiraron, se escurrieron y se dispusieron en las bandejas de germinación.

**Tratamientos con remojo en agua caliente**

Este tratamiento consistió en remojar las semillas en agua caliente para ablandar las cubiertas duras, eliminar los inhibidores, suavizar las semillas y reducir el tiempo de germinación. Para ello, se hirvieron 3 litros de agua (sin las semillas) durante 10 minutos, luego se dejó enfriar durante 5 minutos. Posteriormente, se colocaron las semillas en el agua y se dejaron durante 12 y 24 horas, bien tapadas. Al cabo de este tiempo, se observaron semillas hinchadas, aptas para la producción de plántones en almácigo. Las semillas que no se hincharon fueron sometidas al mismo proceso hasta un máximo de 2 veces antes de ser colocadas en bandejas de germinación.

**Tratamiento mediante raspado de la semilla con lija al agua No. 80**

Se lijaron las semillas para mejorar su permeabilidad a la humedad y los gases. Es fundamental escarificar el tegumento de la semilla en un lugar adecuado para evitar dañar el embrión y la plántula resultante. Los mejores lugares para escarificar fueron justo por encima de las puntas de los cotiledones o a los lados de los cotiledones. Una vez lijadas, las semillas se colocarán en las bandejas de germinación.

## **Sustratos que se emplearan en el experimento**

### **Humus**

Se utilizó humus de lombriz, un fertilizante bio-orgánico generado por la lombriz de tierra a través de la descomposición de materiales orgánicos. Este fertilizante presenta una destacada actividad fitohormonal que, bajo condiciones adecuadas, favorece el logro de altos y eficientes indicadores productivos. Su estructura granular, así como su composición química y microbiológica, lo convierte en un fertilizante orgánico de elevado valor nutritivo.

### **Turba**

Las turbas utilizadas en este estudio de investigación son materiales formados por la acumulación de grandes cantidades de restos orgánicos parcialmente descompuestos, debido a la presencia de un entorno saturado de agua que genera condiciones de anaerobiosis, las cuales ralentizan considerablemente la descomposición de los restos vegetales, permitiendo que se acumulen y formen capas de considerable grosor.

### **Preparación del sustrato en las bandejas de germinación**

Para este propósito se adecuó un espacio como área de estudio, en el vivero de producción de almácigos del Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, la cual está recubierta (techo y paredes) con malla raschel al 80 % para prevenir que los rayos solares no produzcan quemaduras en las tiernas hojas de las plántulas. Previamente, se desinfectó las bandejas con agua con lejía al 10 %, es decir, una parte de lejía por 9 de agua. Transcurrido cierto tiempo, se secó, luego se llenó las bandejas con sustrato de acuerdo a los tratamientos de distribución en la parcela experimental.

**Variables respuesta****Peso de semillas**

Para este procedimiento se realizaron tres pesajes de 100 semillas cada uno, las cuales se asignaron a los tratamientos correspondientes. Las unidades de medida se expresarán en gramos y kilogramos.

**Porcentaje de Germinación**

La prueba de germinación de las semillas se realizó en placas Petri, utilizando papel absorbente. La evaluación de la germinación se expresó en términos porcentuales.

**b. Acciones y actividades para determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la emergencia de plántulas de tara****Siembra del experimento**

Luego de realizar el tratamiento pregerminativo en las semillas y desinfectar los sustratos, se procedió a sembrar las semillas según los diferentes tratamientos y sus respectivas repeticiones. Es importante señalar que la siembra se llevó a cabo directamente en las bandejas con sustratos. Inmediatamente después de sembrar, se realizó un riego ligero.

**Variables respuesta****Porcentaje de Emergencia**

El seguimiento se llevará a cabo desde la siembra hasta la emergencia de las plántulas en la superficie. Los resultados se expresarán en porcentajes.

### c. Acciones y actividades para determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de tara

#### Preparación de sustratos y llenado de envases

El sustrato se compuso de tierra, arena y humus siguiendo las proporciones indicadas en la tabla 3. Previamente, fue tamizado para eliminar cualquier tipo de impureza no relacionada con la composición y luego se mezcló hasta obtener una mezcla homogénea. Posteriormente, las bolsas de polietileno se llenaron y se ordenaron según la distribución de los tratamientos.

**Tabla 3**

*Preparación de sustrato para el llenado de bolsas*

| Descripción | Proporción      |            |                  |
|-------------|-----------------|------------|------------------|
|             | Tierra agrícola | Arena fina | Humus de lombriz |
| Sustrato 1  | 2               | 2          | 2                |
| Sustrato 2  | 2               | 1          | 3                |

#### Trasplantes a bolsas de polietileno

Posterior a la prueba de germinación, se sembró las semillas pregerminadas de tara a bolsas de polietileno llenas de sustrato, presionando con los dedos para que no deje espacios con aire. Luego se regó para rociar el sustrato, esto es ineludible para que las plántulas no se marchiten y mueran. Es preciso que permanezca en el tinglado.

#### Labores culturales

##### Riego

Los riegos se realizaron de acuerdo a las condiciones climáticas, generalmente de dos a tres veces por semana, o de acuerdo a la necesidad del cultivo (humedad del sustrato).

### **Deshierbes**

Para evitar la competencia con las malezas, estas se eliminaron permanentemente después de realizar el riego. Esta actividad es muy importante para el cuidado del almacigo. Esta labor se puede realizar una vez por semana de forma manual.

### **Control de enfermedades y plagas**

Para el control del ataque de plagas y enfermedades, se aplicó semanalmente plaguicidas orgánicos, tales como *Trichoderma spp.*

### **Variables respuesta**

#### **Profundidad de raíces**

A los 120 días post siembra (DPS), se midió la longitud de las raíces de las plantas ubicadas en las bolsas de plástico (repique). La medición se realizó desde el cuello del tallo hasta el extremo final de la raíz más larga, expresándose las medidas en centímetros.

#### **Altura de plantas**

A los 120 días post siembra (DPS), se midió la altura de las plantas desde el cuello del tallo hasta el extremo superior de las plantas que se estaban en las bolsas de propagación, Las medidas se expresarán en centímetros.

#### **Diámetro de tallo**

A los 120 días post siembra (DPS), se midió el diámetro del tallo, justo por encima del cuello de la planta, utilizando un vernier. Las medidas se expresaron en centímetros.

#### **Determinación de número de hojas**

Para determinar esta variable, se realizó a cabo un conteo del número de hojas a los 120 días post siembra (DPS).

#### **4.1.5. Instrumentos de recolección de datos**

La técnica empleada fue la observación visual, y las herramientas utilizadas para la recolección de datos incluyeron el vernier y una balanza calibrada. El método de recolección de datos se definió según el tratamiento aplicado.

#### **4.1.6. Procesamiento y análisis de datos**

Las pruebas estadísticas empleadas fueron el análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia del 5 % ( $\alpha = 0,05$ ). Para evaluar las diferencias entre los tratamientos, se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey, también con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Estas pruebas se realizaron utilizando el paquete estadístico PASW Statistics 18, versión estudiantil de SPSS.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1. Resultados

##### 5.1.1. Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la germinación de semillas de tara, Centro Experimental Agrícola, 2024

###### a. Cantidad de semillas por kilogramo

**Tabla 4**

*Frecuencias de la cantidad de semilla de tara por kilogramo, Centro Experimental Agrícola, 2024*

| Nº de semilla/kg | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|------------------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| 3800,00          | 2          | 8,3        | 8,3               | 8,3                  |
| 3900,00          | 3          | 12,5       | 12,5              | 20,8                 |
| 4000,00          | 5          | 20,8       | 20,8              | 41,7                 |
| 4100,00          | 4          | 16,7       | 16,7              | 58,3                 |
| 4200,00          | 4          | 16,7       | 16,7              | 75,0                 |
| 4300,00          | 2          | 8,3        | 8,3               | 83,3                 |
| 4400,00          | 4          | 16,7       | 16,7              | 100,0                |
| Total            | 24         | 100,0      | 100,0             |                      |
| Media            | 4112,50    |            |                   |                      |
| Mínimo/10g       | 38         | Máximo/10g | 44                |                      |

#### Interpretación

Los resultados de la tabla 4 muestran que, en promedio, hay 4112,50 semillas por kilogramo, y de 38 a 44 semillas en 10 gramos.

## b. Porcentaje de Germinación

**Tabla 5**

*Análisis de varianza de la germinación de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024.*

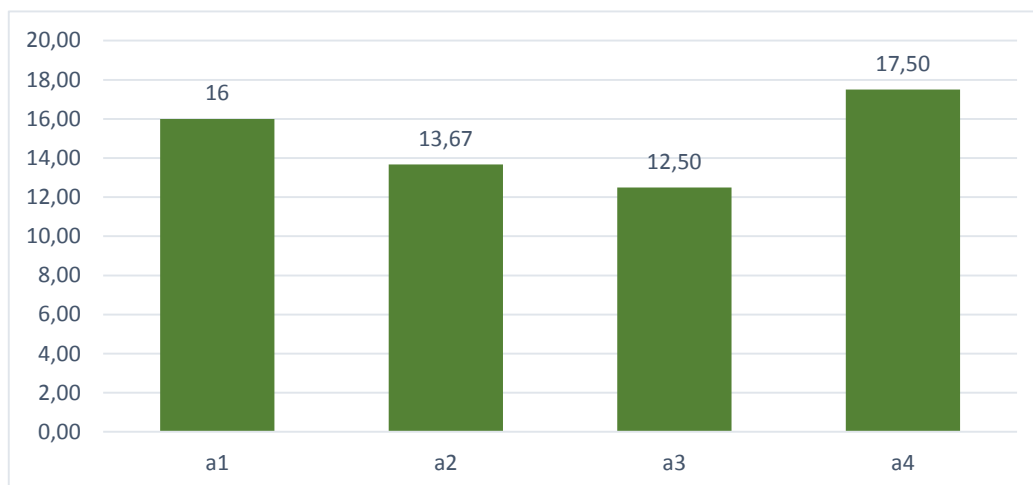
| Fuente de variaciones         | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrados medios | F     | p-valor  |
|-------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|----------|
| A: Tratamiento pregerminativo | 3                  | 91,50             | 30,50            | 17,02 | < 0,0001 |
| B: Sustrato                   | 1                  | 0,17              | 0,17             | 0,09  | 0,7643   |
| AxB                           | 3                  | 11,50             | 3,83             | 2,14  | 0,1353   |
| Error                         | 16                 | 28,67             | 1,79             |       |          |
| Total                         | 23                 | 131,83            |                  |       |          |
| C.V. = 8,97                   |                    |                   |                  |       |          |

### Interpretación

En la tabla 5, se observa el análisis de varianza para la germinación de la semilla de tara en diferentes sustratos indica que no existe interacción entre los factores indicando que ambos factores actuaron independientemente, sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas para el factor tratamiento pregerminativo, indicando que uno de los tratamientos es superior a los demás tratamientos, se realiza la prueba de significancia de Tukey para determinar diferencias entre tratamientos. El coeficiente de variación es 8,97 % aceptable para las condiciones del experimento.

**Figura 1**

*Tiempo de germinación en días de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

**Tabla 6**

*Prueba de significancia de Tukey al 95 % para la germinación de las semillas de tara, factor tratamiento pregerminativo en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| Tratamiento pregerminativo  | Medias (Días) | Significancia |
|---|---------------|---------------|
| <b>a3:</b> El tercer método mediante raspado de la semilla con lija al agua No. 80  | 12,50         | a             |
| <b>a2:</b> hervir agua durante 10 minutos. dejar enfriar destapada durante 5 minutos, y se poner la semilla al agua, dejar por 24 horas | 13,67         | a             |
| <b>a1:</b> remojo con agua fría durante 48 horas.   | 16,00         | b             |
| <b>a4:</b> Sin ningún tratamiento   | 17,50         | b             |

### Interpretación

La Tabla 6 de la prueba de Tukey y la Figura 1, correspondientes al factor tratamiento pregerminativo, indican que el mejor tratamiento pregerminativo fue el raspado de la semilla con lija al agua No. 80, que logró la germinación en el menor tiempo, con un promedio de 12,50 días. Este tratamiento mostró resultados estadísticamente similares al tratamiento que consiste en hervir agua durante 10 minutos, dejarla enfriar, colocar las semillas en el agua y dejarlas reposar durante 24 horas.

**5.1.2. Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la emergencia de plantines de tara, centro Experimental Agrícola, Tacna 2024.**

**a. Emergencia**

**Tabla 7**

*Análisis de varianza del porcentaje de emergencia de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| Fuente de variaciones  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrados medios | F    | p-valor  |
|------------------------|--------------------|-------------------|------------------|------|----------|
| A: Semillas germinadas | 7                  | 3956,67           | 565,24           | 7,06 | < 0,0001 |
| B: Sustrato            | 1                  | 114,08            | 114,08           | 1,42 | 0,2415   |
| AxB                    | 7                  | 626,58            | 89,51            | 1,12 | 0,3765   |
| Error                  | 32                 | 2563,33           | 80,10            |      |          |
| Total                  | 47                 | 7260,67           |                  |      |          |
| C.V. = 16,68           |                    |                   |                  |      |          |

**Interpretación**

En la tabla 7, se observa el análisis de variancia para la emergencia de la tara en diferentes sustratos, donde nos muestra que no existe interacción entre los factores, es decir ambos factores actuaron independientemente, sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas para el factor semillas germinadas, se realiza la prueba de significancia de Tukey para determinar la diferencias entre tratamientos. El coeficiente de variación es 16,68 aceptable para las condiciones del experimento.

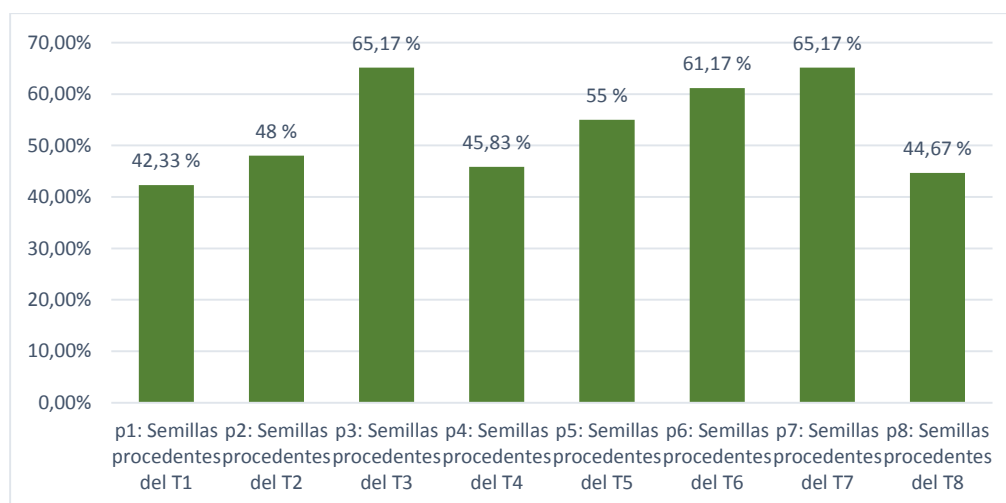
**Tabla 8**

*Prueba de significancia de Tukey al 95 % del porcentaje de emergencia de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| <b>Tratamiento pregerminativo</b> | <b>Medias (%)</b> | <b>Significancia</b> |   |   |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|---|---|
| p7: Semillas procedentes del T7   | 65,17             | a                    |   |   |
| p3: Semillas procedentes del T3   | 65,17             | a                    |   |   |
| p6: Semillas procedentes del T6   | 61,17             | a                    | b |   |
| p5: Semillas procedentes del T5   | 55,00             | a                    | b | c |
| p2: Semillas procedentes del T2   | 48,00             |                      | b | c |
| p4: Semillas procedentes del T4   | 45,83             |                      |   | c |
| p8: Semillas procedentes del T8   | 44,67             |                      |   | c |
| p1: Semillas procedentes del T1   | 42,33             |                      |   | c |

**Figura 2**

*Porcentaje de emergencia de las semillas de tara en el Centro Experimental Agrícola, 2024*



### **Interpretación**

La Tabla 8 de la prueba de Tukey y la Figura 2, correspondientes al porcentaje de emergencia, indican que las semillas del tratamiento T7 presentaron el mayor porcentaje de emergencia, con un 65,17 %, siendo estadísticamente similar a los tratamientos T3, T6 y T5.

### 5.1.3. Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en el desarrollo de plantines de tara

#### a. Altura de plántula de tara 120 días después de siembra

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para la altura de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

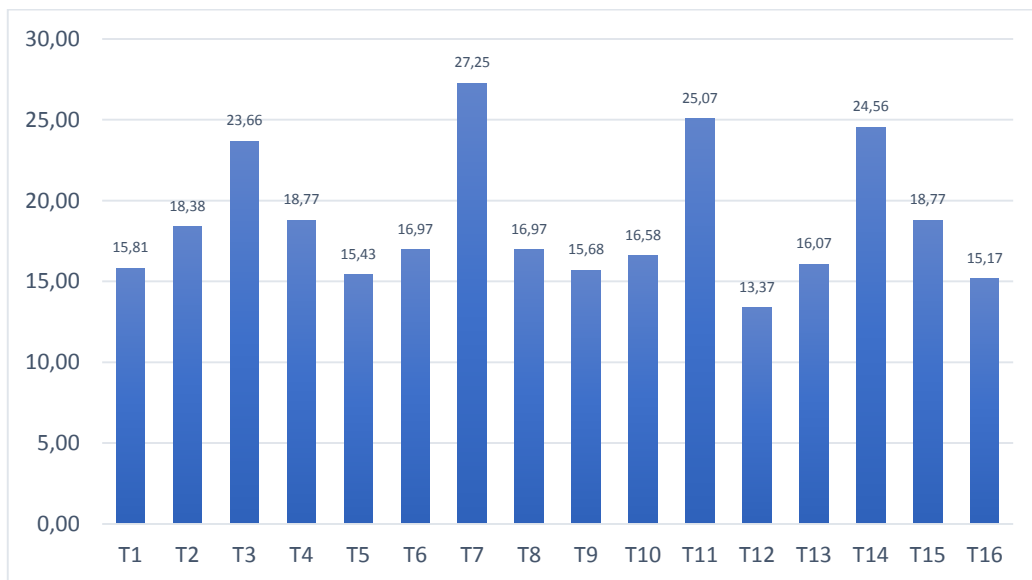
| <i>Fuente de variaciones</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>cuadrados medios</i> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|----------|----------------|
| A: Semillas germinadas       | 7                         | 524,16                   | 74,88                   | 46,43    | < 0,0001       |
| B: Sustrato                  | 1                         | 10,56                    | 10,56                   | 6,55     | 0,0155         |
| AxB                          | 7                         | 247,55                   | 35,36                   | 21,93    | < 0,0001       |
| Error                        | 32                        | 51,61                    | 1,61                    |          |                |
| Total                        | 47                        | 833,88                   |                         |          |                |
| C.V. = 6,82                  |                           |                          |                         |          |                |

#### **Interpretación**

En la tabla 9, del análisis de varianza para la altura de plántulas de tara, 120 días después de siembra indican que tanto para los factores semilla y sustrato hubo diferencia significativa, lo cual nos indica que el uso de diferentes semillas con diferentes tratamientos pregerminativos influye en la altura de plántulas de tara, respecto a los tipos de sustratos indica que existe significancia. En cuanto a la interacción de semillas pregerminadas y sustratos, podemos observar que hubo diferencia significativa, para determinar las diferencias de las medias, se realizó la prueba de significancia de Tukey para determinar las diferencias entre tratamientos. El coeficiente de variación es 6,82 % aceptable para las condiciones del experimento.

**Figura 3**

*Altura de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el en el Centro Experimental Agrícola, 2024*



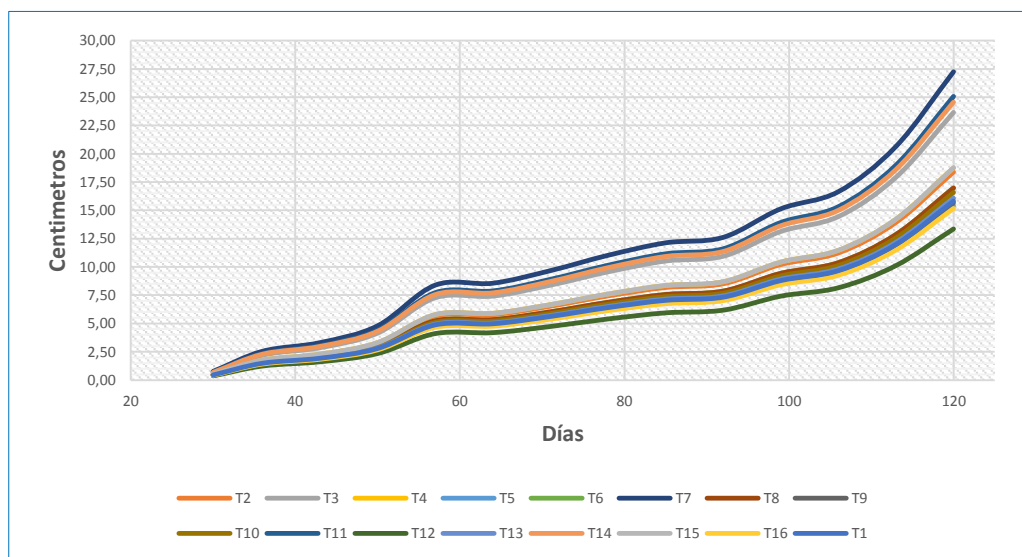
**Tabla 10**

*Prueba de significancia de Tukey al 95 % para la altura de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| <b>Proporción de sustrato (Tierra, humus y arenilla)</b> | <b>Procedencia de las semillas</b>  | <b>Tratamiento</b> | <b>Medias (cm)</b> | <b>Significancia</b> |
|--|---|--------------------|--------------------|----------------------|
| a1: 2; 2 ;2  | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T7                 | 27,25              | a                    |
| a2: 2; 3 ;1  | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T11                | 25,07              | a                    |
| a2: 2; 3 ;1  | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T14                | 24,56              | a                    |
| a1: 2; 2 ;2  | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T3                 | 23,66              | a                    |
| a1: 2; 2 ;2  | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T4                 | 18,77              | b                    |
| a2: 2; 3 ;1  | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T15                | 18,77              | b                    |
| a1: 2; 2 ;2  | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T2                 | 18,38              | b                    |
| a1: 2; 2 ;2  | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T8                 | 16,82              | b c                  |
| a1: 2; 2 ;2  | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T6                 | 16,65              | b c                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T10                | 16,58              | b c                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T13                | 16,07              | b c                  |
| a1: 2; 2 ;2  | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T1                 | 15,81              | b c                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T9                 | 15,68              | b c                  |
| a1: 2; 2 ;2  | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T5                 | 15,43              | b c                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T12                | 15,17              | b c                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T16                | 13,37              | c                    |

**Figura 4**

*Desarrollo vegetativo de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*



### Interpretación

La tabla 10 de la prueba de Tukey y la figura 3 y 4, muestra que la mayor altura de plántulas de tara, 120 DDS (días después de la siembra) lo obtuvo el T7 con 27,25 cm, estadísticamente es similar al tratamiento T11(25,07); T14 (24,56) y T3 (23,66).

### b. Diámetro de tallo

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para el diámetro del tallo de las plántulas de tara, 120 días después de la siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| Fuente de variaciones  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrados medios | F     | p-valor  |
|------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|----------|
| A: Semillas germinadas | 7                  | 0,04              | 0,01             | 11,95 | < 0,0001 |
| B: Sustrato            | 1                  | 2,1E-04           | 2,1E-04          | 0,45  | 0,5050   |
| AxB                    | 7                  | 0,01              | 1,9E-03          | 4,17  | 0,0023   |
| Error                  | 32                 | 0,01              | 4,6E-04          |       |          |
| Total                  | 47                 | 0,07              |                  |       |          |
| C.V. = 10,21           |                    |                   |                  |       |          |

### **Interpretación**

En la tabla 11 del análisis de varianza para el diámetro del tallo de las plántulas de tara, 120 DDS, indican que tanto para los factores semilla germinada y sustrato hubo diferencia significativa, lo cual nos indica que el uso de diferentes semillas con diferentes tratamientos pregerminativos influye en el diámetro de las plántulas de tara, respecto a los tipos de sustratos indica que existe significancia. En cuanto a la interacción de semillas pregerminadas y sustratos, podemos observar que hubo diferencia significativa, para determinar las diferencias de las medias, se realizó la prueba de significancia de Tukey. El coeficiente de variación es 20,21 % aceptable para las condiciones del experimento.

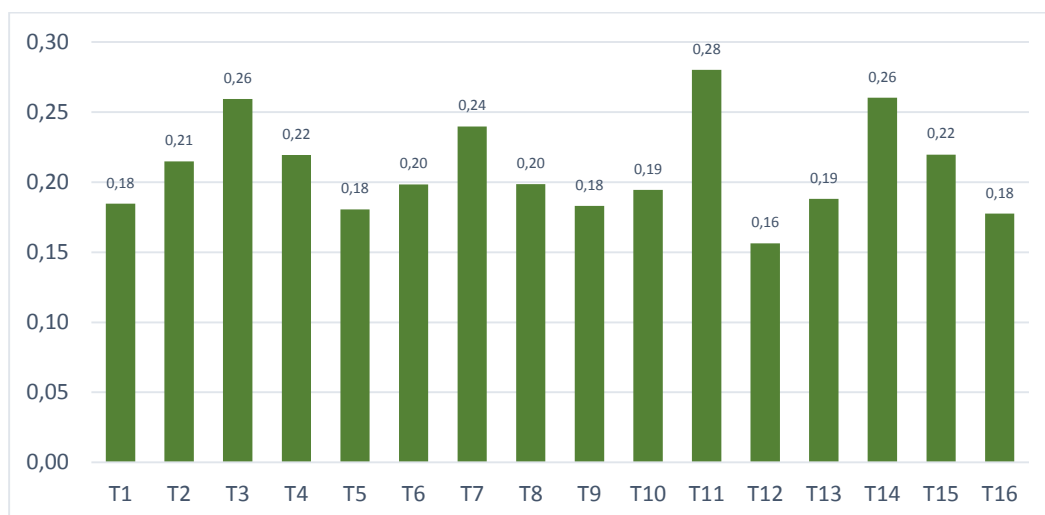
**Tabla 12**

*Prueba de significancia de Tukey al 95 % para diámetro del tallo de plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| Proporción de sustrato (Tierra, humus y arenilla) | Procedencia de las semillas   | Tratamiento | Medias (mm) | Significancia |     |
|---|---|-------------|-------------|---------------|-----|
| a2: 2; 3 ;1                                       | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T11         | 0,28        | a             |     |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T3          | 0,26        | a             | b   |
| a2: 2; 3 ;1                                       | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T14         | 0,26        | a             | b   |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T7          | 0,24        | a             | b c |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T4          | 0,22        | a             | b c |
| a2: 2; 3 ;1                                       | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T15         | 0,22        | a             | b c |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T2          | 0,21        | a             | b c |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T6          | 0,20        |               | b c |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T8          | 0,20        |               | b c |
| a2: 2; 3 ;1                                       | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T10         | 0,19        |               | c d |
| a2: 2; 3 ;1                                       | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T13         | 0,19        |               | c d |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T1          | 0,18        |               | c d |
| a2: 2; 3 ;1                                       | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T9          | 0,18        |               | c d |
| a2: 2; 3 ;1                                       | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T12         | 0,18        |               | c d |
| a1: 2; 2 ;2                                       | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T5          | 0,18        |               | c d |
| a2: 2; 3 ;1                                       | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T16         | 0,16        |               | d   |

**Figura 5**

*Diámetro de plántulas de tara, 120 días después de siembra, Centro Experimental Agrícola, 2024*



### Interpretación

La Tabla 12 y la Figura 5 de la prueba de Tukey indican que, a los 120 días después de la siembra (DDS), el tratamiento T11 presentó el mayor diámetro de plántulas de tara con 0,28 mm, mientras que el mismo tratamiento T11 mostró el menor diámetro con 0,16 mm.

### c. Determinación de número de hojas

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para el número de hojas de plántulas de tara, 120 días después de la siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

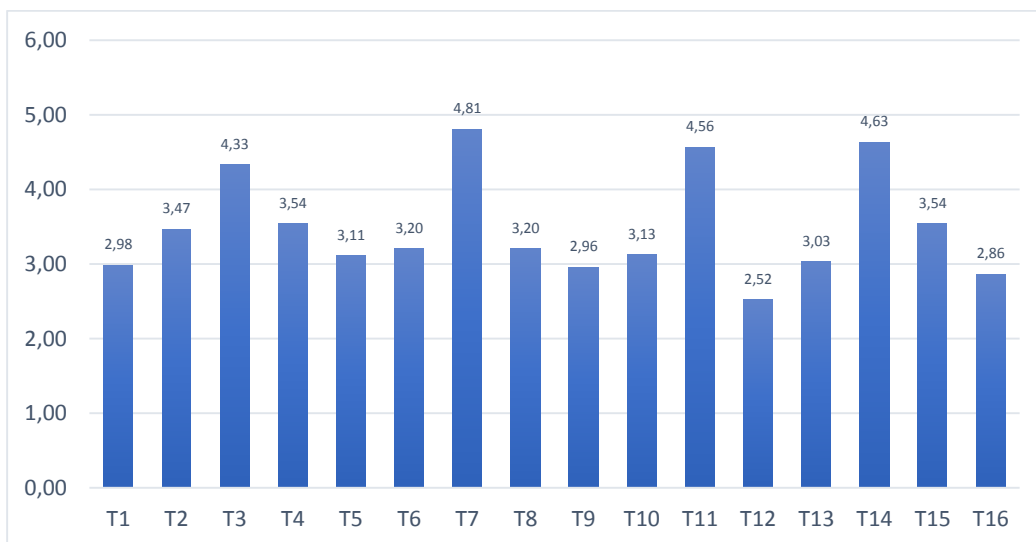
| Fuente de variaciones  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrados medios | F     | p-valor  |
|------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|----------|
| A: Semillas germinadas | 7                  | 14,80             | 2,11             | 27,97 | < 0,0001 |
| B: Sustrato            | 1                  | 0,36              | 0,36             | 4,79  | 0,0360   |
| AxB                    | 7                  | 7,11              | 1,02             | 13,43 | < 0,0001 |
| Error                  | 32                 | 2,42              | 0,08             |       |          |
| Total                  | 47                 | 24,69             |                  |       |          |
| C.V. = 7,87            |                    |                   |                  |       |          |

### Interpretación

En la tabla 13, del análisis de varianza para el número de hojas de plántulas de tara, 120 DDS, indican que tanto para los factores semilla germinadas y sustrato presentaron diferencias significativas, lo cual nos indica que el uso de diferentes semillas con diferentes tratamientos pregerminativos influye en el número de hojas en las plántulas de tara. En cuanto a la interacción de semillas germinadas y sustratos, podemos observar que hubo diferencia significativa y para determinar las diferencias de las medias se realizó la prueba de significancia de Tukey. El coeficiente de variación es 7,87 % aceptable para las condiciones del experimento.

### Figura 6

*Número de hojas de plántulas de tara, 120 días después de siembra, Centro Experimental Agrícola, 2024*



**Tabla 14**

*Prueba de significancia de Tukey al 95 % para el número de hojas en plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| <b>Proporción de sustrato (Tierra, humus y arenilla)</b> | <b>Procedencia de las semillas</b>  | <b>Tratamiento</b> | <b>Medias (unidades)</b> | <b>Significancia</b> |   |
|--|---|--------------------|--------------------------|----------------------|---|
| a1: 2; 2 ;2  | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T7                 | 4,81                     | a                    |   |
| a2: 2; 3 ;1  | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T14                | 4,63                     | a                    |   |
| a2: 2; 3 ;1  | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T11                | 4,56                     | a                    |   |
| a1: 2; 2 ;2  | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T3                 | 4,33                     | a                    | b |
| a2: 2; 3 ;1  | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T15                | 3,54                     | b                    | c |
| a1: 2; 2 ;2  | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T4                 | 3,54                     | b                    | c |
| a1: 2; 2 ;2  | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T2                 | 3,54                     | c                    |   |
| a1: 2; 2 ;2  | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T8                 | 3,20                     | c                    | d |
| a1: 2; 2 ;2  | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T6                 | 3,20                     | c                    | d |
| a2: 2; 3 ;1  | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T10                | 3,13                     | c                    | d |
| a1: 2; 2 ;2  | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T5                 | 3,11                     | c                    | d |
| a2: 2; 3 ;1  | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T13                | 3,03                     | c                    | d |
| a1: 2; 2 ;2  | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T1                 | 2,98                     | c                    | d |
| a2: 2; 3 ;1  | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T9                 | 2,96                     | c                    | d |
| a2: 2; 3 ;1  | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T12                | 2,86                     | c                    | d |
| a2: 2; 3 ;1  | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T16                | 2,52                     | d                    |   |

### Interpretación

La Tabla 14 y la Figura 6 de la prueba de Tukey indican que, a los 120 días después de la siembra (DDS), el tratamiento T7 presentó el mayor número de hojas de tara, con 4,81 unidades, mientras que el tratamiento T16 mostró el menor número, con 2,52 unidades.

#### d. Longitud de raíces

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para la longitud de raíz de plántulas de tara, 120 días después de la siembra en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

| Fuente de variaciones  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrados medios | F     | p-valor  |
|------------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------|----------|
| A: Semillas germinadas | 7                  | 9068,57           | 1295,51          | 20,49 | < 0,0001 |
| B: Sustrato            | 1                  | 40,35             | 40,35            | 0,64  | 0,4303   |
| AxB                    | 7                  | 2319,19           | 331,31           | 5,24  | 0,0005   |
| Error                  | 32                 | 2023,56           | 63,24            |       |          |
| Total                  | 47                 | 13451,67          |                  |       |          |
| C.V. = 8,08            |                    |                   |                  |       |          |

### Interpretación

En la tabla 15, del análisis de varianza para la longitud de raíz de plántulas de tara, 120 DDS, indican que el factor semilla germinada, hay diferencias significativas, sin embargo, para el factor sustrato no presentaron diferencias significativas. En cuanto a la interacción de semillas germinadas y sustratos, podemos observar que hubo diferencia significativa y para determinar las diferencias de las medias se realizó la prueba de significancia de Tukey. El coeficiente de variación es 8,08 % aceptable para las condiciones del experimento.

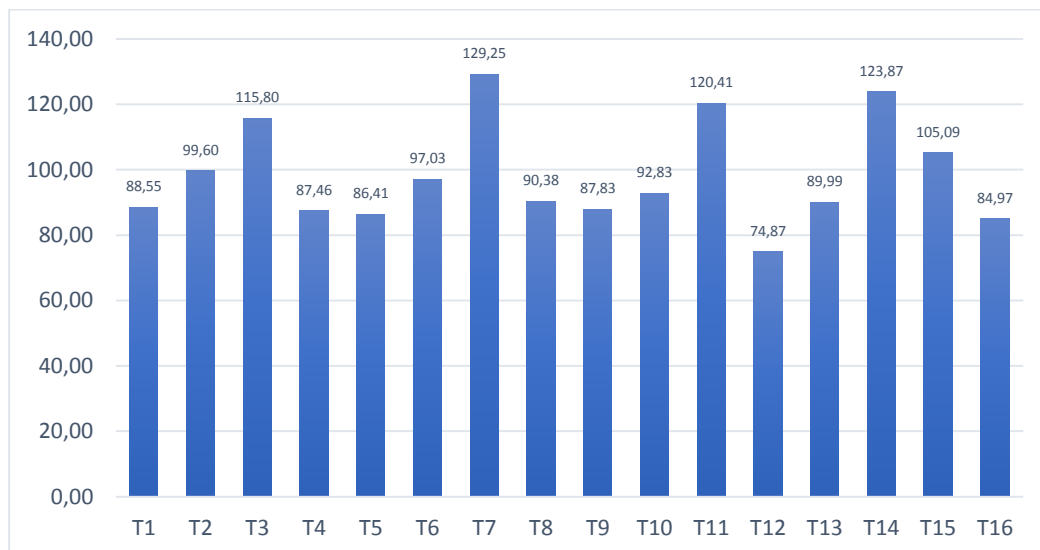
**Tabla 16**

*Prueba de significancia de Tukey al 95 % para longitud de raíz en plántulas de tara, 120 días después de siembra en el Fundo los Pichones Tacna 2024*

| <b>Proporción de sustrato<br/>(Tierra, humus y arenilla)</b> | <b>Procedencia de las semillas</b>  | <b>Tratamiento</b> | <b>Medias<br/>(mm)</b> | <b>Significancia</b> |
|--|---|--------------------|------------------------|----------------------|
| a1: 2; 2 ;2  | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T7                 | 129,25                 | a                    |
| a2: 2; 3 ;1  | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T14                | 123,87                 | a b                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T11                | 120,41                 | a b c                |
| a1: 2; 2 ;2  | b3: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en humus  | T3                 | 115,80                 | a b c d              |
| a2: 2; 3 ;1  | b7: Semillas raspado con lija al agua No. 80 y germinadas en turba  | T15                | 105,09                 | b c d e              |
| a1: 2; 2 ;2  | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T2                 | 99,60                  | c d e                |
| a1: 2; 2 ;2  | b6: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en turba | T6                 | 97,03                  | c d e f              |
| a2: 2; 3 ;1  | b2: Semillas sumergidas en agua (hervida durante 10 minutos, enfriada por 5 minutos) por 24 horas y germinadas en humus | T10                | 92,83                  | d e f                |
| a1: 2; 2 ;2  | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T8                 | 90,38                  | e f                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T13                | 89,99                  | e f                  |
| a1: 2; 2 ;2  | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T1                 | 88,56                  | e f                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b1: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en humus  | T9                 | 87,83                  | e f                  |
| a1: 2; 2 ;2  | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T4                 | 87,46                  | e f                  |
| a1: 2; 2 ;2  | b5: Semillas remojado con agua fría durante 48 horas y germinadas en turba  | T5                 | 86,41                  | e f                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b8: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en turba   | T12                | 84,97                  | e f                  |
| a2: 2; 3 ;1  | b4: Semillas sin tratamiento pregerminativo y germinadas en humus   | T16                | 74,83                  | f                    |

**Figura 7**

*Longitud de raíz en mm de plántulas de tara, 120 días después de siembra, en el Centro Experimental Agrícola, 2024*

**Interpretación**

La Tabla 16 y la Figura 7 de la prueba de Tukey indican que, a los 120 días después de la siembra (DDS), el tratamiento T7 resultó en la mayor longitud de raíz de las plántulas de tara, alcanzando 129,25 mm, mientras que el tratamiento T16 presentó la menor longitud con 74,83 mm.

## DISCUSION

El análisis de varianza en la Tabla 5, indica que no hubo interacción significativa entre tipo de sustrato y tratamiento pregerminativo, para el factor germinación de semillas de tara, estas actuaron de forma independiente. Sin embargo, se identificaron diferencias significativas en los tratamientos pregerminativos, siendo el más efectivo el raspado con lija al agua No. 80, con una germinación promedio de 12,5 días, según la prueba de Tukey que se muestra en la Tabla 6 y Figura 1, este resultado coincide con Torres (2019), quien reportó que dicho tratamiento alcanzó 76 % de germinación a los 20 días, ligeramente superior al uso de ácido sulfúrico. Aunque este último mostró altos porcentajes, su aplicación representa mayores riesgos ambientales y de manejo, lo que refuerza la viabilidad del lijado como técnica práctica y segura. De manera similar, Buitrón (2023) destaca la eficacia del lijado para mejorar no solo la germinación, sino también el crecimiento inicial de las plántulas, si bien no se hallaron diferencias significativas entre sustratos, estudios como el de González (2021) sugieren que mezclas con buena aireación y retención de humedad pueden beneficiar el desarrollo posterior de la planta. En este estudio, sin embargo, el tipo de sustrato no influyó significativamente en la germinación de las semillas de tara.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la Tabla 8, demuestran que no existe interacción significativa entre los factores tratamiento pregerminativo y sustrato orgánico en la emergencia de plantines de tara (*Caesalpinia spinosa*), lo cual indica que ambos actuaron de forma independiente. No obstante, se observaron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de semillas germinadas, lo que resalta la influencia directa del tratamiento aplicado, más allá del tipo de sustrato, desde una perspectiva ambiental, la eficiencia del tratamiento T7, que alcanzó un 65,17 % de emergencia y fue estadísticamente similar a T3, T5 y T6. A diferencia de métodos químicos como el uso de ácido sulfúrico, que, aunque efectivos (Torres, 2019), presentan riesgos ambientales y de manejo, los tratamientos alternativos promueven prácticas más

sostenibles, estudios como los de Neri et al. (2018) y Mamani (2020) han evidenciado que técnicas mecánicas (como el corte de la testa y el remojo prolongado) o térmicas (inmersión en agua caliente) pueden alcanzar altos porcentajes de emergencia. En cuanto al sustrato, no se observaron diferencias estadísticas significativas en este estudio. El sustrato actúa como medio físico y biológico que influye en la retención de humedad, oxigenación y disponibilidad de nutrientes. Si bien en las fases iniciales de emergencia su efecto puede ser limitado, su influencia puede manifestarse en etapas posteriores del desarrollo vegetal, siendo un componente clave en prácticas agrícolas sostenibles (Mamani, 2020).

Según los resultados obtenidos, se muestra que tanto los tratamientos pregerminativos como los sustratos orgánicos influyen significativamente en el desarrollo de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (tara), considerando variables como altura, diámetro del tallo, número de hojas y longitud de raíz a los 120 DDS. El tratamiento T7 fue el más destacado en varias variables evaluadas, logrando la mayor altura 27,25 cm, mayor número de hojas 4,81, y mayor longitud de raíz 129,25 mm. Esto indica que el tratamiento aplicado en T7, promueve un desarrollo vigoroso de plántulas. Además, el tratamiento T11 obtuvo el mayor diámetro de tallo (0,28 mm), mostrando que ciertos tratamientos pueden beneficiar diferentes aspectos del crecimiento. La significancia estadística encontrada para la interacción entre tipo de semilla pregerminada y tipo de sustrato confirma que la combinación adecuada de ambos factores puede potenciar el crecimiento de las plántulas. Aunque el sustrato por sí solo no siempre mostró efecto significativo, su interacción con el tratamiento pregerminativo sí resultó determinante. Estos resultados se alinean con estudios previos. Por ejemplo, Torres (2019) y Neri et al. (2018) reportaron mejoras en altura y emergencia con escarificación química o mecánica y remojo prolongado. Asimismo, Guevara (2021) y Espinosa (2018) demostraron que el uso de sustratos ricos en materia orgánica, como humus de lombriz o compost, favorece el crecimiento en altura y grosor de las plántulas.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que el uso de tratamientos pregerminativos son adecuados para optimizar la germinación y el desarrollo inicial de las plantas de tara, se determinó que el número de semillas por kilogramo en promedio fue 4112,50 unidades, el tratamiento pregerminativo más adecuado es el método mediante raspado de la semilla con lija al agua No. 80, con el que se logró germinar en el menor tiempo con 12,50 días y que estadísticamente es similar al tratamiento que consiste en hervir agua durante 10 minutos. dejar enfriar, poner la semilla al agua y dejar por 24 horas, lo cual demora 13,67 días en germinar.
2. Los tratamientos pregerminativos y sustratos orgánicos en la emergencia de plantines al realizar el análisis de variancia para la emergencia de la tara en diferentes sustratos, muestra que no existe interacción entre los factores, es decir ambos factores actuaron independientemente, sin embargo, existe diferencias estadísticas significativas para el factor semillas germinadas, el coeficiente de variación es 16,68 aceptable para las condiciones del experimento. Al realizar la prueba Tukey para el porcentaje de emergencia, muestra que las semillas procedentes del T7 presentan el mayor porcentaje de emergencia con 65,17 %.
3. El uso de diferentes semillas con diferentes tratamientos pregerminativos a los 120 DDS (días después de la siembra) influye en la altura de plántulas de tara, la mayor altura lo obtuvo el T7 con 27,25 cm. El mayor diámetro lo obtuvo el T11 con 0,28 mm. Sin embargo, el mayor número de hojas lo obtuvo el T7 con 4,81 unidades, Además, la mayor longitud de raíz de las que se obtuvo el T7 con 129,25 mm.

## RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que el análisis de rentabilidad es una herramienta indispensable para la toma de decisiones, se recomienda:

1. Evaluar el impacto de otros tratamientos pregerminativos: Aunque el raspado con lija N° 80 fue el tratamiento más efectivo en términos de tiempo de germinación, sería valioso explorar la combinación de otros tratamientos pregerminativos, como la estratificación fría, la exposición a ácidos o la variación en la temperatura del agua, con el fin de identificar posibles tratamientos que puedan optimizar aún más la germinación y la emergencia de los plantines.
2. Incluir más tipos de sustratos orgánicos: Aunque se analizaron varios sustratos orgánicos en este estudio, se recomienda ampliar la investigación a una mayor variedad de sustratos como compost, vermiculita, o fibra de coco, para evaluar cuál de estos es más adecuado para el desarrollo óptimo de los plantines de tara, teniendo en cuenta no solo la germinación, sino también la calidad y el vigor de los plantines en fases posteriores de crecimiento.
3. Monitorear el desarrollo postemergencia: Es recomendable realizar un seguimiento del crecimiento y desarrollo de los plantines de tara durante más tiempo después de la germinación para evaluar el efecto de los tratamientos pregerminativos y sustratos en la salud, vigor y tasa de supervivencia de las plantas en su etapa temprana. Este seguimiento proporcionaría información más completa sobre la eficiencia de los tratamientos en condiciones de campo.
4. Optimización de la práctica agrícola local: A nivel local, se recomienda transferir los conocimientos obtenidos a los agricultores y viveros de la zona para que puedan implementar los tratamientos pregerminativos más eficientes, como el raspado de la semilla con lija, y elegir los sustratos orgánicos más adecuados para la producción de plantines de tara, contribuyendo así al fortalecimiento de las prácticas de reforestación y cultivo sostenible en la región de Tacna.

5. Fomentar la investigación sobre la ecología de la tara: Es recomendable seguir investigando sobre las necesidades ecológicas de la especie, tanto en términos de sustratos como de condiciones de riego, para garantizar que los tratamientos recomendados sean adecuados no solo para la germinación, sino también para promover el desarrollo sostenible y la conservación de la tara en su hábitat natural.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanuca, W. (2017). Diagnóstico del potencial agroindustrial de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en Cotopaxi [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://acortar.link/qsImaD>
- Alcalá, E., y Quenter, R. (2018). Evaluación del crecimiento inicial de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Tara) y *Enterolobium cyclocarpum* (oreja de negro) en diferentes sustratos en siembra directa en bolsas bajo tinglado. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3516>
- Álvarez, Jorge, y RICO, Heri. Respuesta de la albahaca (*Ocimum basilicum* L) variedad genovesa a la propagación con cuatro sustratos en una casa malla en la granja de la Universidad de los Llanos, sede Barcelo [en línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de los Llanos, Villavicencio, España. 2018. pp. 1-4. [Consulta: 16 enero 2021]. Disponible en: [https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1366/3/Respuesta de la Albahaca....pdf](https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1366/3/Respuesta%20de%20la%20Albahaca....pdf).
- Basurto R., L. 2011. ALNICOLSA-Productos agroindustriales de exportación. Callao-Perú. (En línea)..Disponible en: <http://taninos.tripod.com/>
- Bilbao, E. Estudio de tratamientos pregerminativos en semilla de *Fagus sylvatica* L. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Pública de Navarra. 2010. S.l.: s.n. [Consulta: 17 enero 2021]. Disponible en: <https://academicae.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/2269/577286.pdf?sequence=1&iAllowed=y>.
- Buitrón Sierra, C. A. (2023). Determinación de tratamientos pregerminativos de semillas de *Caesalpinia spinosa* (molina) Kuntze (Bachelor's thesis). <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/15881/1/33T00288.pdf>
- Cabello, I. (2010). Monografía: Tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. <https://repositorio.promperu.gob.pe/items/7e5fd2a3-9de4-46e7-a4c2-46fbb32d46b2>

- Chávez, F. (2012). Biología reproductiva de la Tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze). en Paquecc 2418 m.s.n.m. Huanta, Ayacucho [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://acortar.link/XcklFb>
- Castillo. (2020). Morfología y biometría de la vaina y semilla de la tara (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze) del Valle de Cajamarca. (Trabajo de titulación), Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Agronomía, Perú, Cajamarca, 11-16 <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3763/MORFOLOG%C3%8DA%20Y%20>
- Castleton. (2018). Producción en un vivero—Semillas—Tratamientos Pregerminativos.
- Caroca, R., Zapata, N., y Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis Hypogaea* L). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), 94-101.
- De Luca, N. (2016). Características de las semillas, tratamientos pregerminativos, técnicas de recolección y almacenamiento.
- Delgado, M; et al. Estudio de turbas y residuos avícolas procedentes de pollo de engorde como componente de sustratos de cultivo. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 2016. vol. 32, no. 4, pp.455-462. DOI 10.20937/RICA.2016.32.04.09.
- Díaz, P. (2010). Forestación piloto con la tara en la microcuenca de San Juan (Alto Jequetepeque), Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Marcos]. <https://acortar.link/FZxRpF>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*, 31(1), 00-00.
- Espinosa Alcalá, R. Q. (2018). Evaluación del crecimiento inicial de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Tara) y *Enterolobium cyclocarpum* (oreja de negro) en diferentes sustratos en siembra directa en bolsas bajo tinglado. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3516/epinos-a-alcala-remo-quenter.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- FAO y DANIDA. Guía para la manipulación de semillas forestales. En: R.L. WILLAM (ed.), -1, 1991. pp. 420-500.
- Flor, E. (2016). Evaluación de medios de cultivo para la micropropagación de Algarrobo Tropical (*Prosopis pallida*) h.b.k. Quito, Pichincha. Universidad Central del Ecuador,91.
- Florián, E. (2020). Morfología y biometría de la vaina y semilla de la “tara” (*Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze) del valle de Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://acortar.link/OI3Cfo>
- Gaibor, F. (2017). Evaluación agronómica de plántulas de pechiche (*Vitex gigantea*), empleando tres métodos pregerminativos y dos tipos de sustratos. Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente Carrera de Ingeniería Forestal.
- García, M. 2013. Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana
- García, V., Simonetti, J., y Becerra, P. (2016). Lluvia de semillas, depredación de semillas y germinación de especies nativas en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile, centro-sur: Efecto de la distancia a bosque nativo y presencia de sotobosque. *Bosque (Valdivia)*, 37(2), 359-367.
- González, D. (2021). Propagación de *Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze mediante cuatro tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustratos, bajo condiciones de invernadero, [tesis Ingeniero, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador] <https://acortar.link/ZUrMxX>
- Guamán, B. (2022). Evaluación de la germinación de semilla de guarango (*Caesalpinia spinosa*) (mol.) o. kuntze aplicando dos métodos de escarificación en la comunidad Alacao, Guano, Chimborazo, [Tesis Ingeniero Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador], <https://acortar.link/UOVQ0I>

- Guevara Delgado, D. (2021). Influencia de tres dosis de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) en el crecimiento y desarrollo de la tara (*Caesalpinia spinosa*) var. Molina Kuntze-en Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4162>
- Horna, C. (2022). Ecología de las poblaciones y biometría del fruto de la tara silvestre en la provincia de Celendín [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://acortar.link/Mkhh2l>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/21/anexos.html>
- Jerez, E. (2017). Propagación sexual y asexual de la cascarilla (*Cinchona officinalis* L.), con fines de potencial reproductivo en el vivero Catiglata del consejo Provincial de Tungurahua. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Lara, R. (2019). Evaluación de métodos de producción de plántulas de guarango (*Caesalpinia Spinosa*), en el vivero experimental CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5269/6/PC-000724.pdf>
- Loján, I. (1992). El verdor de los Andes. Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal Alto Andino.
- Mamani, J. (2020). Evaluación de la aplicación de dos tratamientos pregerminativos y tres componentes de sustratos en la germinación de semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) en el jardín botánico de cota cota. [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia], <https://acortar.link/2WziXT>
- Mancero, L. (2008). La tara (*Caesalpinia spinosa*) en Peru, Bolivia y Ecuador: Análisis de la cadena productiva. 9-32. Recuperado el 20 de enero de 2023, de <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/bcbe5cf56c6e85153383169ed426f265.pdf>.
- Manotoa, S. (2015). Escarificación mecánica y química como tratamientos pregerminativos en semillas de olivo (*Olea europea*). Universidad Técnica de Ambato, 69.

- Mendoza, R. (2015). Evaluación germinativa de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze) bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres diferentes niveles de sustratos en la comunidad de Inquisivi [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://acortar.link/Hk2HxS>
- Mérola, R. y Díaz, S. (2019). Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Universidad de la Empresa - Facultad de Ciencias Agrarias, 41.
- Mora, (2015, noviembre 30). Segunda Unidad—Propagación de plantas por semilla botánica o sexual
- Moreta, R. Evaluación de tres sustratos y cuatro dosis de humus para la producción de primula (*Primula acaulis*), bajo invernadero (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador. Quito. 2014. p 15.
- Muñoz, I. (2018). Evaluación del efecto de dos tratamientos pregerminativos en tres tipos de sustratos en la germinación de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en el centro experimental de Cota Cota [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia] <https://acortar.link/Sgb80M>
- Neri, J., Collazos, R., Oliva, M., Huamán, E., y Vásquez, J. (2018). Aplicación de la escarificación física y mecánica en la emergencia y crecimiento de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*). Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable, 2(2). <https://doi.org/10.25127/aps.20182.392>
- Nieto, C., y Hidrobo, G. (2011). La Cadena Agro-Productiva del Guarango (*Caesalpinia spinosa* Kuntze), ELEMENTOS QUE RESALTAN SU COMPETITIVIDAD (1.a ed.). SENESCYT. <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/809>
- Ochoa, M. (2019). Experimentos de germinación con semillas de Rañas, *Viburnum triphyllum* (Benth) y sus implicaciones para la propagación y restauración. Universidad del Azuay, 59.
- Oliveira. (2016). HDS-Acido-sulfurico-NOM-018-2015-MARY-MEAG-Hoja-de-datos.pdf.

- Osorio, B. (2023). Evaluación germinativa de “tara” *Caesalpinia spinosa* (Molina) kuntze en dos tipos de contenedores, realizados en el AA.HH. los Pinos de Villa María del Triunfo, Lima – 2023 [Tesis de pregrado, Instituto de Educación Superior Tecnológico Público]. <https://acortar.link/dTaKxv>
- Osuna, H., Osuna, A., y Fierro, A. (2016). Manual de propagación de plantas superiores. Universidad Autónoma Metropolitana, 91.
- Pérez, F. (2016). Germinación de semillas. Secretaría General Técnica - Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Polo Villanueva, F. D. (2016). Insectos y Acaros perjudiciales de una plantación de Tara (*Caesalpinia spinosa*) durante la primavera en Lurín.
- Quispe, J. (2014). Análisis de germinación de la semilla botánica de Algarrobo (*Prosopis pallida* Kunth) utilizando cinco tratamientos pregerminativos.
- Quiroz, I., García, E., Gonzales, M., Chung, P., y Soto, H. (2015). Vivero forestal Producción de plantas nativas a raíz cubierta.
- Rodríguez, M., Tampe, J., Nelson Hormazábal, N., Araneda, X., Tighe, R., y Cárcamo, P. (2017). Efecto de la escarificación y estratificación sobre la germinación in vitro de *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz. *Gayana. Botánica*, 74(2), 282-287.
- Roth, C. (2020). Ficha de seguridad—Hidróxido de Sodio. conforme al Reglamento (CE) no 1907/2006 (REACH) modificado por 2015/830/UE
- Romero, C. (2017). Perfil Técnico N° 1. ABC de la Producción y Comercio de Tara en el Perú. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Lima. 76 p.
- Robayo Carrillo, A. G. (2021). Evaluación de cinco tratamientos pregerminativos a tres niveles de luminosidad en la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*), en el Vivero del Centro Experimental, Académico Salache, 2021 (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Sacco, A., Way, M., Suárez, C., y León, P. (2018). Manual de recolección, procesamiento y almacenamiento de semillas de plantas silvestres.

- Sarmiento, D. y Piña, E. (2020). "Estudio de la germinación y desarrollo inicial de tres especies forestales nativas del Bosque Protector Yanuncay—Irquis". Universidad de Cuenca, 102.
- Silvestre, B. Evaluación del efecto de cinco sustratos en el desarrollo de plantas de Moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en vivero, en la comuna entre ríos, Provincia de Santa Elena [en línea] (Trabajo de titulación), 2019. p. 13. S.l.: s.n. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4980/1/UPSE-TIA-2019-0017.pdf>.
- Sobrevilla, J., López, M., y López, A. (2015). Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M. C. Johnston. University of Nebraska - Lincoln, 14.
- Suárez, D. y Melgarejo, L. (2014). Biología y Germinación de semillas. Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia, 12.
- Suárez M., M. 2014. Manual de reforestación con tara como alternativa de mitigación del cambio climático en ecosistemas costeros protegidos. ADMICCO, COOPERACIÓN. Ed. Grafik-art. 22 p. (En Línea). Revisado el 25 de noviembre del 2018. Disponible en: [http://cooperacion.org.pe/main/images/desarrollo\\_costero/02.%20Manual%20de%20cultivo%20de%20tara%20en%20ecosistemas%20costeros%202014.pdf](http://cooperacion.org.pe/main/images/desarrollo_costero/02.%20Manual%20de%20cultivo%20de%20tara%20en%20ecosistemas%20costeros%202014.pdf)
- Tintaya, F. C., y González, V. V. (2015). Evaluación de la oferta exportable de tara (*Caesalpinia spinosa*) y su rentabilidad en la región Tacna. Ciencia & Desarrollo, (20), 31-35.
- Torres, M. (2019). Tratamiento mecánico, físico y químico de la semilla en la germinación y emergencia de plántulas de tara (*Caesalpinia spinosa* (molina) kuntze.

- Arequipa. 2018 [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santa María].  
<https://acortar.link/9qOMDV>
- Varela, S y Arana, V. (2017). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Proyecto PATNOR 810292, 10.
- Vargas, J., Duque, O., y Torres, A. (2015). Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 249.
- Vargas, M. (2017). Factores que afectan la germinación de semillas. Programa de combate de malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., 6.
- Villanueva, C. (2007). La Tara Es El Oro Verde de Los Incas para El Mundo | PDF | Imperio Inca | Alimentos. Scribd. <https://es.scribd.com/document/419815054/La-Tara-Es-El-Oro-Verde-de-Los-Incas-Para-El-Mundo>
- Villena, J., Seminario, J., & Valderrama, M. (2019). Variabilidad morfológica de la “tara” *Caesalpinia spinosa* (Molina.) Kuntze (Fabaceae), en poblaciones naturales de Cajamarca: Descriptores de fruto y semilla. *Arnaldoa*, 20
- Viveros, H., Hernández, J., Velasco, M., Robles, R., César Ruiz Montiel, Aparicio, A., Martínez, M., Hernández, J., & Hernández, M. (2018). Análisis de semillas, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(30), 52-65.

# **ANEXOS**

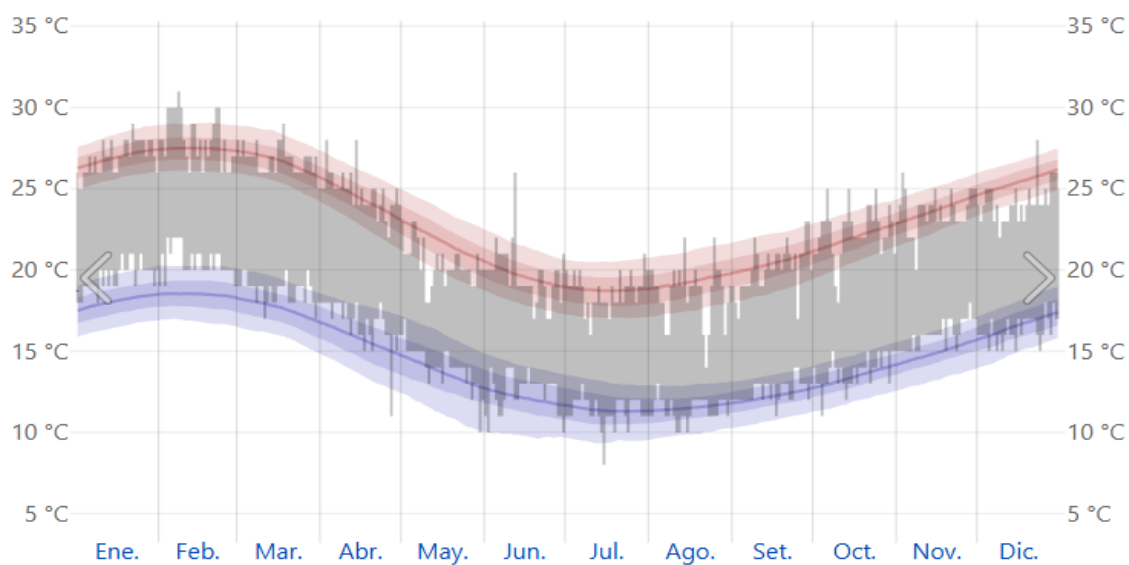
**Figura 8**

*Ubicación del Campo Experimental “Centro Experimental Agrícola, FCAG -UNJBG”*






**Figura 9**

*Datos de temperatura en el Tacna en 2024*






*Nota.* El intervalo diario de temperaturas reportadas (barras grises) y las máximas (marcas rojas) y mínimas (marcas azules) de 24 horas, colocadas arriba del promedio diario de la máxima (línea rojo claro) y de la mínima (línea azul claro), con las bandas de los percentiles 25 a 75 y 10 a 90.

**Tabla 17***Distribución de tratamientos en el campo experimental etapa 1*

| Repetición I  |   |   |   | Repetición II   |   |   |   | Repetición III  |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |   |   |   |  |   |   |   |  |   |   |   |
| 3   | 1 | 5 | 7 | 4   | 8 | 2 | 7 | 6   | 7 | 2 | 4 |
| 6   | 8 | 4 | 2 | 5   | 1 | 6 | 3 | 3   | 5 | 8 | 1 |

**Tabla 18***T2 Distribución de tratamientos en el campo experimental etapa 2*

| Repetición I  |    |   |    | Repetición II  |    |    |    | Repetición III  |    |   |    |
|---|----|---|----|--|----|----|----|---|----|---|----|
|  |    |   |    |  |    |    |    |  |    |   |    |
| 14  | 15 | 9 | 16 | 5  | 15 | 8  | 11 | 6   | 12 | 9 | 3  |
| 10  | 6  | 4 | 13 | 16   | 7  | 14 | 12 | 2   | 4  | 8 | 1  |
| 3   | 1  | 5 | 2  | 13   | 6  | 9  | 3  | 15  | 10 | 7 | 16 |
| 7   | 11 | 8 | 12 | 10   | 1  | 2  | 4  | 14  | 11 | 5 | 13 |

**Figura 10**

*Llenado con sustrato de las bandejas germinativas*

**Figura 11**

*Preparación de sustrato para el llenado de las bolsas de polietileno*



**Figura 12**

*Distribución de bloques y tratamientos en la parcela experimental*

**Figura 13**

*Crecimiento de las plántulas de tara.*



**Figura 14**

*Plántulas listas para trasladar a campo definitivo*

**Figura 15**

*Entrega de plantones de tara al Gobierno regional de Tacna*

