



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Carrera de Agropecuaria**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE  
ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE TAMARINDO  
(*Tamarindus indica* L.) EN EL CANTÓN LA LIBERTAD  
PROVINCIA DE SANTA ELENA.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Zambrano Bravo Roxana Guadalupe

**La Libertad, 2021**



**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

**Facultad de Ciencias Agrarias**

**Carrera de Agropecuaria**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE  
ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE TAMARINDO  
(*Tamarindus indica* L.) EN EL CANTÓN LA LIBERTAD  
PROVINCIA DE SANTA ELENA.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Autor:** Zambrano Bravo Roxana Guadalupe

**Tutor/a:** Ing. Lourdes Ortega Maldonado, MSc.

**La Libertad, 2021**

## TRIBUNAL DE GRADO



---

Ing. Nadia Quevedo Pinos PhD.  
**DIRECTOR/A DE CARRERA  
DE AGROPECUARIA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

Blgo. Javier Soto Valenzuela, MSc.  
**PROFESOR ESPECIALISTA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Lourdes Ortega Maldonado, MSc.  
**PROFESOR TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.  
**PROFESOR GUÍA DE LA UIC  
SECRETARIO/A**

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, quien ha sido guía y fortaleza en cada paso que he dado en mi vida. Quiero agradecerles a mis padres quienes han sido mi apoyo, en todos los momentos de mi vida y siendo los pilares fundamentales de este logro y los que nunca me dejaron caer a pesar de mis errores, de la misma manera quiero agradecer a mis maestros quienes con sus particularidades han logrado compartir un poquito de su conocimiento y de la misma manera han dejado huella en esta humilde persona.

Agradezco a todos mis amigos, especialmente a Ruth Sánchez Saavedra y Valeria Solano Gómez, quienes, con su apoyo incondicional, no me han dejado renunciar a mis estudios y me han motivado a seguir con ellos hasta el final. También quiero expresar mi más profunda gratitud a mi actual pareja Josué Sánchez Saavedra, por apoyarme y darme fuerza para terminar mi trabajo de titulación.

Quiero agradecer a todas aquellas personas que directa o indirectamente han formado parte de este proceso, que no ha sido fácil pero que con su granito de arena me han ayudado a conseguirlo.

*Roxana Zambrano Bravo*

## DEDICATORIA

En primer lugar, se lo dedico a Dios, por permitirme cumplir una de mis metas y a la vez como cada uno de mis logros se lo dedico a mi pequeña hija quien ha sido el motor de cada una de mis hazañas.

Para ti mi pequeña Ashley Guale Zambrano

*Roxana Zambrano Bravo*

## RESUMEN

Este trabajo se enfoca en los tipos de escarificación que se pueden utilizar para acelerar el proceso de desarrollo del cultivo de tamarindo (*Tamarindus indica* L.), incrementando la producción del cultivo. Los árboles frutales junto con otras especies que tengan semillas con testa dura son un reto para el productor, pues toman mayor tiempo para germinar que el resto de especies, sin embargo, al determinar un método de escarificación efectivo este proceso será más eficiente en la producción de tamarindo. Los métodos utilizados en este ensayo son muy comunes en otras especies, como la escarificación física en agua, la escarificación química con cierto producto de limpieza y escarificación biológica con organismos benéficos; estos métodos fueron adaptados a este cultivo con muy buenos resultados obteniendo más del 80% de germinación y 99% de capacidad germinativa, sin utilizar semillas certificadas, también una de las cosas más importantes es que cada tratamiento es de fácil acceso al productor, es por ellos que se concluye que usar la escarificación disminuye el tiempo de desarrollo de este frutal.

**Palabras claves:** Escarificación biológica, tratamientos, frutal.


## **ABSTRACT**

This work focuses on the types of scarification that can be used to accelerate the development process of the tamarind crop (*Tamarindus indica* L.), increasing crop production. Fruit trees along with other species that have seeds with hard testa are a challenge for the producer, because they take longer to germinate than the rest of the species, however by determining an effective scarification method this process will be more efficient in the production of tamarind. The methods used in this trial are very common in other species, such as physical scarification in water, chemical scarification with a certain cleaning product and biological scarification with beneficial organisms; these methods were adapted to this crop with very good results obtaining more than 80% germination and 99% germination capacity, without using certified seeds, also one of the most important things is that each treatment is easily accessible to the producer, that is why it is concluded that using scarification decreases the development time of this fruit tree.

**Keywords:** Biological scarification, treatments, fruity

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

\_\_\_\_\_



Roxana Zambrano Bravo



## ÍNDICE

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
Problema científico .....	2
Objetivos .....	2
Hipótesis.....	2
<b>CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
1.1 Origen del cultivo.....	3
1.2 Taxonomía del cultivo.....	3
1.3 Distribución del cultivo.....	4
1.4 Descripción botánica del cultivo .....	4
1.4.1 Semilla.....	4
1.4.2 Tallo.....	5
1.4.3 Hojas.....	5
1.4.4 Flores .....	5
1.4.5 Fruto.....	5
1.5 Clima.....	6
1.6 Suelo.....	6
1.7 Desarrollo del cultivo.....	6
1.8 Morfología de la semilla .....	7
1.8.1 Cubierta externa .....	7
1.8.2 Embrión.....	7
1.9 Tipos de Propagación.....	8
1.9.1 Propagación por semillas.....	8
1.9.2 Propagación por injerto .....	8
1.10 Plagas y enfermedades .....	8

1.11	Tipos de escarificación.....	9
1.11.1	Escarificación química .....	9
1.11.2	Escarificación física.....	9
1.11.3	Escarificación biológica .....	9
<b>CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>10</b>
2.1	Localización y descripción del área de estudio.....	10
2.2	Materiales y Equipos.....	11
2.2.1	Materiales e insumos .....	11
2.2.2	Equipos .....	11
2.3	Descripción del experimento.....	11
2.4	Metodología .....	12
2.4.1	Elaboración de la cama de germinación.....	12
2.4.2	Elaboración del sustrato .....	13
2.4.3	Selección de las semillas .....	13
2.4.4	Desinfección de las semillas.....	13
2.4.5	Tratamientos .....	13
2.4.6	Siembra.....	14
2.4.7	Riego .....	14
2.5	Variables a analizar .....	14
2.5.1	Porcentaje de inhibición de las semillas (PI).....	14
2.5.2	Porcentaje de pudrición de las semillas (PP).....	15
2.5.3	Porcentaje de germinación de semillas (PG).....	15
2.5.4	Índice de velocidad de germinación (IVG). .....	15
2.5.5	Porcentaje de Emergencia (PE) .....	15
<b>CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>16</b>

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
CONCLUSIONES .....	27
RECOMENDACIONES .....	28

**Bibliografía**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción de los tratamientos.....	12
Tabla 2 Análisis de Varianza de la variable porcentaje de inhibición en la germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L.....	17
Tabla 3 Prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de inhibición en la germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. ....	17
Tabla 4 Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.....	19
Tabla 5 Prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable pudrición de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. ....	19
Tabla 6 Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. ....	21
Tabla 7 Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. ....	21
Tabla 8 Análisis de varianza para la variable índice de velocidad de germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.....	23
Tabla 9 Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable índice de velocidad de germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.....	23
Tabla 10 Análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia de plantas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. ....	25
Tabla 11 Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de emergencia de plantas de <i>Tamarindus indica</i> evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. ....	25
Tabla 12 Promedios generales de las variables evaluadas durante 16 días posteriores a la siembra en el estudio de escarificación de <i>Tamarindus indica</i> L.....	26
Tabla 13 Porcentajes generales de las variables evaluadas durante 16 días posteriores a la siembra en el estudio de escarificación de <i>Tamarindus indica</i> L. ....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta de tamarindo ( <i>Tamarindus indica</i> L.).....	4
Figura 2 Descripción botánica de <i>Tamarindus indica</i> L.....	5
Figura 3 Desarrollo de la especie <i>Tamarindus indica</i> L.....	6
Figura 4 Semilla de <i>Tamarindus indica</i> L. infectada con plagas de almacén.....	8
Figura 5. Ubicación del ensayo.....	10
Figura 6 Porcentaje de Inhibición en la germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.....	16
Figura 7 Porcentaje de Pudrición de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.....	18
Figura 8 Porcentaje de Germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. ....	20
Figura 9 Índice de velocidad germinativa en semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.....	22
Figura 10 Porcentaje de emergencia de plantas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. ....	24

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Figura 1A.* Construcción de mesas germinativas
- Figura 2A.* Establecimiento del ambiente controlado
- Figura 3A.* Recolección de vainas de tamarindo
- Figura 4A.* Preparación del sustrato
- Figura 5A.* Llenado de vasos
- Figura 6A.* Separación de los tratamientos
- Figura 7A.* Semillas seleccionadas
- Figura 8A.* Semillas descartadas
- Figura 9A.* Semillas afectadas por plagas de almacén
- Figura 10A.* Pesado de semillas
- Figura 11A.* Medición de semillas (largo)
- Figura 12A.* Medición de semillas (ancho)
- Figura 13A.* Inicio del tratamiento con hipoclorito de sodio
- Figura 14A.* Inicio del tratamiento inoculador de hongo
- Figura 15A.* Inicio del tratamiento de 3 días de remojo
- Figura 16A.* Inicio del tratamiento con agua caliente
- Figura 17A.* Solución de *Trichoderma harzianum*
- Figura 18A.* Reacción de las semillas al tratamiento 1
- Figura 19A.* Reacción de las semillas al tratamiento 4

*Figura 20A.* Siembra de *Tamarindus indica* L.

*Figura 21A.* Cama #2 en el día de siembra

*Figura 22A.* Plántula de tamarindo a los 16 días T1 escarificación química

*Figura 23A.* Plántula de tamarindo a los 16 días T2 escarificación biológica

*Figura 24A.* Plántula de tamarindo a los 16 días T3 escarificación física

*Figura 25A.* Plántula de tamarindo a los 16 días T4 escarificación física

*Figura 26A.* Plántula de tamarindo a los 16 días T0 sin escarificación.

# Introducción

En Ecuador, los cultivos permanentes, contribuyen significativamente a la economía nacional. Por tanto, existe la necesidad de enfocarse hacia una agricultura de producción económica y competitiva, ya que en la actualidad este sector presenta las mejores alternativas de inversión por la rentabilidad que garantizan todos los cultivares y variedades de diferentes frutales (Pilapaña, 2013), entre esos cultivos se encuentra el tamarindo (*Tamarindus indica* L.) pues es un árbol alto y longevo del viejo mundo, pero se introduce ampliamente en las regiones tropicales y subtropicales, incluido el Caribe, América Central y del Norte. En América tropical, se cultiva no solo como fuente de frutas, sino también como fuente de aceite y vegetales (Montes Fuentes et al., 2006).

Sin embargo la necesidad de conseguir una germinación rápida y uniforme en semillas de árboles frutales es un requisito indispensable para un buen inicio de las plantas en un semillero comercial o en el predio de un agricultor (Vergara Tenorio et al., 2012). En la propagación de frutales por semilla, se ha observado que ciertas especies presentan dificultades para germinar, principalmente debido al periodo de latencia o dormancia y a la cubierta de la semilla; lo cual aumenta el tiempo y baja el porcentaje germinativo, atrasando los demás procesos del ciclo productivo y a su vez altera la uniformidad de los diferentes cultivos (Mate y Guerra, 2018).

Existen técnicas de escarificación que son muy conocidas y a la vez efectivas, ya que, al utilizar organismos vivos, que al mismo tiempo disminuyen el porcentaje de inhibición y pudrición de semillas, actúan como método de escarificación en semillas, brindando así al productor mayor número de plantas en un menor tiempo y con una misma inversión (Ramos Vásquez y Zúñiga Dávila, 2008). De la misma manera los métodos de escarificación física en agua a temperatura ambiente y a más de 90°C, son aplicadas en diferentes especies de pastos, obteniendo resultados favorables (Hernandez, 2016).

En nuestro medio, existen muy pocas referencias sobre tratamientos germinativos que estimulen la germinación de *Tamarindus indica* L. pues este es un frutal no tradicional. Es por ello que este trabajo pretende contribuir a la generación en la fase pre germinativa para la propagación eficiente de las semillas de *Tamarindus indica* L., empleando diferentes métodos de escarificación. Esta investigación se generó a partir de un proyecto de vinculación con la comunidad que se lleva a



cabo en la Universidad Estatal Península de Santa Elena dentro de la Facultad de Ciencias Agrarias, el cual busca la reforestación de este frutal nativo de la provincia de Santa Elena.

### **Problema científico**

¿Cuál es la mejor forma de germinar el tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en una zona costera?

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Evaluar métodos de escarificación química, física y biológica en semillas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena.

#### **Objetivos específicos**

1. Determinar el método de escarificación que presente mejor desarrollo germinativo en semillas de *Tamarindus indica* L.
2. Evaluar la capacidad germinativa de las semillas de *Tamarindus indica* L. mediante registros diarios.

#### **Hipótesis**

Se estima que al menos un tratamiento tiene efecto significativo en el proceso germinativo de la semilla de tamarindo disminuyendo el periodo de latencia.

# CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 Origen del cultivo

El cultivo de tamarindo (*Tamarindus indica* L.), es originario de África tropical, el cual se cultiva en varias regiones del mundo con clima tropical seco, entre ellos tenemos a Brasil, Guatemala, Costa Rica, Nicaragua, México entre otros países de América central y del sur. Los principales productores de este cultivo son: India, Tailandia, Indonesia y Filipinas (Cedeño y Galarza, 2007).

Pazmiño (2018) relata que García D'Orta en el año 1565 describió al tamarindo como una fruta valiosa y muy apreciada. El tamarindo ha sido introducido en la India y en las islas del pacífico, en América fue introducido por los españoles y portugueses en el siglo XVII, probablemente junto con los primeros embarques de esclavos procedentes del oeste de África. En las islas Hawaianas, los primeros árboles fueron plantados en el año de 1797 (Rodríguez, 2008). El tamarindo se ha adaptado a regiones que poseen estaciones secas de larga duración, en las regiones tropicales húmedas con precipitación continua, los árboles tienden a crecer de manera pobre y generalmente sin producción de fruta, las plántulas son sensibles a las heladas, pero pueden soportar las sequías (Hernandez, 2016).

## 1.2 Taxonomía del cultivo

El *Tamarindus indica* L. (Figura 1), pertenece a la familia Fabaceae, también conocida como Fabáceas, es la tercera familia cosmopolita con mayor número de especies con 730 géneros la cual está constituida de aproximadamente 19,400 especies de árboles, arbustos y plantas herbáceas de las cuales muchas tienen importancia económica u ornamental, donde también se incluyen especies como la acacia roja (***Delonix regia***), frejol (***Phaseolus vulgaris***), falsa acacia (***Robinia pseudoacacia*** L), entre otras especies de gran importancia (UNNE, 2017).

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophitina

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotiledóneas

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Caesalpinioideas

Género: Tamarindus

Especie: indica

Nombre común: Tamarindo

Nombre científico: *Tamarindus indica* L.



**Figura 1** Planta de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)

*Fuente: (Zambrano R, 2021)*

### **1.3 Distribución del cultivo**

El tamarindo es considerado como subcaducifolio, crece entre 10 y 25 m de altura con un diámetro del tronco superior a 1 m. Este tiene una distribución amplia en las zonas tropicales y subtropicales del mundo y actualmente se encuentra en 54 países. Crece en zonas desde 0 a 1,200 msnm (Montes Fuentes et al., 2006). En Ecuador, las zonas secas de Manabí, Guayas, Santa Elena y El Oro son las más favorables y en donde más se cultiva esta especie, pues cuentan con precipitaciones bajas, entre 400 a 600 mm anuales y temperaturas promedio de 24°C (Cedeño y Galarza, 2007).

### **1.4 Descripción botánica del cultivo**

#### **1.4.1 Semilla**

Esta especie posee semillas indehiscentes de forma ovaladas y comprimidas lateralmente, tiene una textura lisa al tacto y con un color de testa café oscuro brillante, de 1 cm de largo y unidas entre sí, carecen de endospermo como reserva nutritiva, presentan un par de cotiledones gruesos, presentan una radícula pequeña y recta (Montenegro y Saavedra , 2014). El sistema radicular del

tamarindo es muy profundo y extenso, lo cual lo hace tolerante a ráfagas o vientos fuertes, así como a condiciones de sequía (Hernandez, 2016).

#### 1.4.2 Tallo

Los árboles maduros crecen comúnmente hasta una altura de 25 m, con diámetros del tronco es rugoso con corteza gris de hasta 150 cm de altura, se caracterizan por una copa redondeada, esparcida y densa con cobertura de aproximadamente 6 a 10 m. Sus ramas son bajas y ampliamente extendidas, con las ramillas en forma de zigzag (Cedeño y Galarza, 2007).

#### 1.4.3 Hojas

Las hojas son alternas, paripinadas, corto pecioladas, de 5 a 15 cm de largo; con 10 a 20 pares de pinnas enteras, oblongas, con la base oblicua y el ápice redondeado, casi sésiles, con longitud fluctuante de 0.3 a 2.5 cm y un ancho de 2 a 8 mm, de color verde pálido. La corteza es gruesa, gris y con fisuras profundas (Ávila y Sánchez, 2016).

#### 1.4.4 Flores

Presenta también inflorescencias, en racimos cortos y laxos, axilares o terminales, pendulosos, de 5 a 10 cm de largo por 2.2 cm de diámetro, con 8 a 14 flores. Flores zigomórficas, vistosas (los botones, rojos o rosas); cáliz 4-lobulado, blanco amarillento con tonos rojizos; corola con 5 pétalos de diferentes tamaños, 2 reducidos y escamiformes y 3 grandes, oblanceolados, glabros, de color amarillo pálido matizados de naranja o rojo, de 0.5 a 1 cm de largo y unidos a la mitad (Viveros García et al., 2012).

#### 1.4.5 Fruto

El fruto es una vaina indehisciente, oblonga o linear, algo comprimida lateralmente y comúnmente curvada (Pájaro et al., 2018), con una capa externa delgada color pardo (epicarpio, crustácea seca y escamosa (se quiebra irregularmente al secarse), una capa mediana (mesocarpio) pulposa



**Figura 2** Descripción botánica de *Tamarindus indica* L.  
Fuente: (Koehler, 1890).

combinada con fibras y una capa coriácea interna (endocarpio) septada entre las semillas, de 1.7 a 15 cm de largo por 2 a 3.5 cm de ancho y 1.5 cm de espesor; conteniendo 1 a 12 semillas (Hernandez, 2016).

## 1.5 Clima

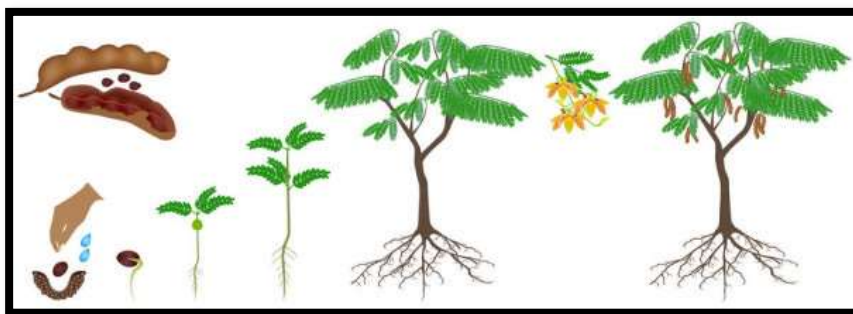
El tamarindo prospera mejor en lugares con clima cálido, semiseco, con invierno y primavera secos, sin estación invernal bien definida, aunque puede prosperar también en climas cálidos y húmedos, sin estación seca bien definida y sin estación invernal. El tamarindo se ha adaptado a regiones que poseen estaciones secas de larga duración (Diémé, 2015). En regiones tropicales húmedas con un patrón de precipitación continua, los árboles tienden a crecer de manera pobre y por lo general no producen fruta. Las plántulas son muy sensitivas a las heladas, pero pueden soportar las sequías. Las ramas, flexibles pero fuertes, rara vez se ven afectadas por el viento, y se sabe que el árbol es resistente durante huracanes. Adaptándose bien desde 40 msnm hasta los 600 msnm. Su rango de precipitación va de 800 a 1,400 (López, 2008).

## 1.6 Suelo

El tamarindo prospera bien en terrenos profundos con buen drenaje, de textura migajón-arcilloso-arenoso y pH de 6.5 a 7.5; puede, sin embargo, vegetar en suelos relativamente pobres y crecer en terrenos calcáreos siempre y cuando se dé una buena fertilización y se cuente con agua para riegos en periodos secos (Hernandez, 2016).

## 1.7 Desarrollo del cultivo

El cultivo de tamarindo tiene un desarrollo lento en cuanto a la etapa de crecimiento, pues al igual que otros cultivos necesita una cantidad de nutrientes, la cual se obtiene con el paso de los



**Figura 3** Desarrollo de la especie *Tamarindus indica* L.

Fuente: (Depositfotos.com, 2009)

días como se puede observar en la figura 3. El punto de partida de la producción de este frutal

depende estrictamente de la manera en que fue establecido, pues con el establecimiento por semilla, el árbol comienza a producir fruta a partir de los 7 años y con establecimiento por esquejes este frutal acelera la producción reduciendo el punto de partida a 3 años, pero en ambos casos la producción de vainas se estabiliza a los 12 años (Traxco, 2015).

## 1.8 Morfología de la semilla

Las semillas son, en la mayor parte de las especies de interés agrícola, el principal mecanismo de reproducción. Las semillas están constituidas por un embrión y por compuestos de reserva (glúcidos, proteínas, lípidos), rodeados a ambos por las cubiertas seminales. No obstante, esta estructura general varía entre las diferentes especies principalmente en relación al tipo y proporción de los compuestos de reserva y a las características de las cubiertas (Villamil, 2015).

### 1.8.1 Cubierta externa

También conocida como epispermo, el cual consta de dos capas, la capa externa conocida como testa y el tegmen que recubre la parte interior de la semilla. Estas estructuras están diseñadas para evitar daños a la semilla ya sean por factores ambientales o daños mecánicos. En el caso del tamarindo la testa presenta una testa dura, así como en otras especies de semillas como *Caesalpinia spinosa*, *Cordia lutea*, *Erithryna velutina*, *Geoffroea spinosa*, *Terminalia valverdae*. De la misma manera está cubierta externa dura puede llegar a interrumpir el proceso normal de germinación, pues provoca dormición física en las semillas (Romero Saritama y Draper Munt, 2017).

### 1.8.2 Embrión

Es el almacén energético de la semilla este se activa para poder dar vida a una planta cuando las condiciones para germinar son adecuadas (Medrano y Cedeño, 2014), dentro del embrión se encuentran:

- **Radícula:** Es la pequeña raíz que brota primero. Una vez fuera se convierte en una verdadera raíz, dando origen a pelos absorbentes y raíces secundarias (Martinez Soles, 2009).
- **Plúmula:** Esta situada al lado opuesto de la radícula, y se forma generalmente como consecuencia de la fecundación de la ovocélula u oófera. Es el primer brote que luego se convierte en hipocótilo (Jumbo y Lalangui, 2011).
- **Hipocótilo:** Es el que después se convierte en el tallo destinado para procesar los nutrientes necesarios (Martinez Soles, 2009).

- **Cotiledón:** Según el número de cotiledones, si es un solo cotiledón será una monocotiledónea, si contiene dos cotiledones será una dicotiledónea (Irizarry, 2015).

## 1.9 Tipos de Propagación

### 1.9.1 Propagación por semillas

El tamarindo, es un árbol de poco crecimiento, pero son establecidos muchas veces por siembra directa a lo largo de líneas taladas (Montes Fuentes et al., 2006). Se debe preparar semilleros o canteros con altos porcentajes de arena, debidamente desinfectados y protegidos del daño de animales y tener acceso al agua para su riego. La siembra se efectúa colocando las semillas cada 3 ó 5 cm. entre sí, y a no menos de 10 cm. entre cada hilera. Una vez germinada la semilla tarda de 8 a 10 días en alcanzar una altura de 3 a 5 cm., que es la adecuada para el trasplante al vivero. Aquí con un buen manejo, la planta estará lista para sembrarse en el campo definitivo alrededor de 12 a 15 meses (Pazmiño y Osorio, 2018).

### 1.9.2 Propagación por injerto

Es preferible mantener las plantas en medias sombras hasta que alcanzan el desarrollo y crecimiento debidos, estando en condiciones óptimas para su plantación definitiva a los 15 o 18 meses, o bien para su enjertación cuando han alcanzado una edad de 8 a 12 meses, y un grosor de 1 cm, a 10 a 15 cm. del cuello de la planta. Deben preferirse las plantas injertada ya que con ello se aseguran las características de la planta madre y el aumento en precocidad (Hernandez, 2016).

## 1.10 Plagas y enfermedades

El tamarindo, es una planta que no presenta mayores problemas fitosanitarios. Se ha localizado un barrenador de la vaina cuyo ataque no es muy frecuente, así como antracnosis y hongos causantes de manchas de las hojas y secadera de las ramas (*Roselinia* sp.). Durante el almacenamiento los frutos pueden ser atacados por algunos insectos como se muestra en la figura 4, y hongos que en ocasiones pueden constituirse en problemas serios como la cenicilla (*Oídio* sp.), causante de la defoliación en tempranas edades de desarrollo de la planta (Orozco, 2004).



**Figura 4** Semilla de *Tamarindus indica* L. infectada con plagas de almacén.

Fuente: Zambrano, R. 2021

## **1.11 Tipos de escarificación**

El proceso de germinación está influenciado por factores, internos y externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Los factores externos son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz (Chip , 2016).

### ***1.11.1 Escarificación química***

Son tratamientos que, mediante la utilización de ácidos, debilitan la testa de las semillas, sin embargo, pueden ser riesgosos si no se tiene conocimiento y cuidado adecuado. En la actualidad, son muy poco aplicados por las condiciones de manejo y por los costos elevados que implica elaborarlos (Sanabria et al., 2001).

### ***1.11.2 Escarificación física***

Busca producir la penetración de líquido y oxígeno en el interior de la semilla para posibilitar los procesos de germinación. Los métodos de tratamiento en húmedo, son efectivos para resolver tanto la latencia exógena física como la exógena química, o la combinación de ambas, ya que ablandan la corteza o testa de la semilla y remueven las sustancias presentes en ellas, que inhiben la germinación (Hernandez, 2016).

### ***1.11.3 Escarificación Biológica***

Es un método de estratificación de semillas que permite romper la latencia de diferentes especies de plantas, y consiste en utilizar materia orgánica en descomposición para lograr un ambiente adecuado para la germinación de estas. Varias de las metodologías utilizadas son el uso de rumiantes o simplemente frutas en descomposición, sin embargo, la ciencia ha descubierto inoculantes a partir de bacterias u hongos los cuales realizan dos funciones a la vez, en una actúan como inhibidor de organismos patógenos y al mismo tiempo actúa como método de escarificación debido al contacto directo que tiene con la semilla (Willan, 1991).

La escarificación biológica se utiliza semillas completas (con testa) y a la germinación se le considera su viabilidad como positiva, además este se puede evaluar durante 48 horas a 72 horas para probar cómo va el proceso de su germinación teniendo en cuenta dos factores fundamentales la humedad y la oscuridad (Villamil, 2015).



## CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Localización y descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en la provincia de Santa Elena cantón La Libertad. El sitio experimental se encuentra ubicado a  $2^{\circ}14'22.3293''$  S,  $80^{\circ}53'11.968''$  W, a 25 msnm de topografía plana con una pendiente del 1%, humedad relativa de 79%, precipitaciones anuales promedio de 100 mm durante los meses de invierno y 0,2 mm/mes en verano, luminosidad de 4 - 6 horas luz/día y una temperatura media/anual de  $24^{\circ}\text{C}$  (Figura 5).

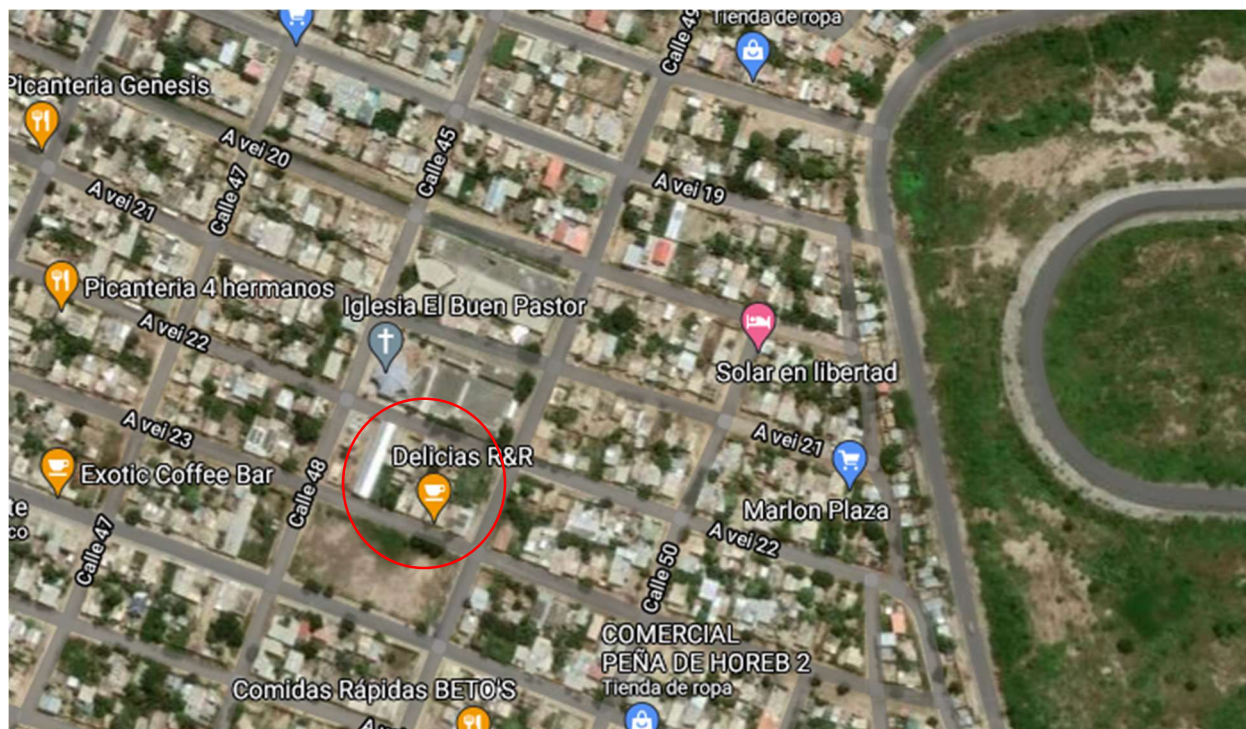


Figura 5. Ubicación del ensayo. Fuente: Google Maps

## 2.2 Materiales y Equipos

### 2.1.1 Materiales e insumos

- Hipoclorito de sodio al 3%
- Semillas de tamarindo
- Papel absorbente
- Papel aluminio
- Spray
- Alcohol
- Agua
- Guantes
- Gafas
- Tablas de madera
- Clavos
- Martillo
- Inoculante biológico
- Recipientes de vidrio
- Libreta de apuntes
- Plástico negro
- Arcilla
- Arena
- Materia orgánica

### 2.2.2 Equipos

- Cámara fotográfica
- Computador
- Cronómetro
- Termómetros
- Balanza gramera
- Termómetro
- Calibrador de Vernier
- Bomba de mochila

## 2.3 Descripción del experimento

En el presente experimento evaluó los métodos de escarificación aplicados a semillas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) aplicando métodos químicos, físicos y biológicos, utilizando hipoclorito de sodio al 3% como método químico ya que este es económico, y utilizado para el aseo del hogar; la escarificación física consiste en remojar las semillas en agua a diferentes temperaturas, y la escarificación biológica consistió en colocar la semilla en contacto directo con *Trichoderma*

*harzianum* en una concentración de  $1 \times 10^9$  ufc/g. En la investigación se evaluaron los tratamientos mostrados en la tabla 1.

**Tabla 1** Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T0	TESTIGO
T1	Hipoclorito de sodio durante 8 minutos. <b>ESCARIFICACIÓN QUÍMICA</b>
T2	Contacto directo con microorganismos. <b>ESCARIFICACIÓN BIOLÓGICA</b>
T3	Agua a temperatura ambiente 25° C durante 3 días. <b>ESCARIFICACIÓN FÍSICA</b>
T4	Agua a temperatura de 90° C durante 1 min. <b>ESCARIFICACIÓN FÍSICA</b>

Fuente: Zambrano R. 2021

El experimento se desarrolló con diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y un testigo absoluto; y cuatro repeticiones por tratamiento, con un total de 20 unidades experimentales, en un área de 16 m<sup>2</sup>, y en un ambiente controlado. Se colocaron 100 semillas por tratamiento, con un total de 500 plantas. Los resultados de las variables fueron sometidos al análisis de varianza y las medidas de los tratamientos comparadas con el test de Tukey al 5% de probabilidad de error utilizando el software InfoStat.

## 2.4 Metodología

### 2.4.1 Elaboración de la cama de germinación

Con tablas de madera se elaboró dos camas de germinación divididas en ocho secciones una para cada tratamiento. Se limpiaron las camas con agua y detergente, para luego ser desinfectadas con alcohol isopropílico, para evitar contaminación (Romero, et al., 2017).

#### **2.4.2 Elaboración del sustrato**

Se elaboró un sustrato a partir de una mezcla con el 50% de arcilla, 25% de arena y piedras y 25% de materia orgánica. Luego se procedió a tratar el sustrato con agua caliente y cubriéndolo con un plástico negro por 24 horas. Posteriormente el sustrato se colocó en las camas de germinación, humedeciendo ligeramente.

#### **2.4.3 Selección de las semillas**

Luego de separar la pulpa de las semillas se procede a aclararlas con un poco de agua. Posterior a esto se las colocó en un papel absorbente para quitar el exceso de agua. Después se procedió a seleccionar las semillas por tamaño, forma y textura, estas tienen que ser lisas, grandes y sin deformaciones.

#### **2.4.4 Desinfección de las semillas**

Colocando las semillas en un recipiente se les roció alcohol, procurando que todas queden humedecidas por este y tapar el recipiente por 24 horas.

#### **2.4.5 Tratamientos**

Consistieron en 4 tratamientos y un tratamiento testigo los cuales se realizaron de la siguiente manera dentro de un ambiente controlado:

##### **Tratamiento 1: Hipoclorito de sodio**

En un recipiente limpio y de vidrio, de 2 litros de capacidad, se colocó 500cc de hipoclorito de sodio al 3% y 100 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 8 minutos, pero revolviéndolas con cuidado cada 2 minutos, es decir 4 veces. Luego se situaron las semillas en un papel absorbente secando ligeramente el exceso de hipoclorito de sodio y se observó la reacción de las semillas a este tratamiento. Posteriormente se sembró en la cama de germinación.

##### **Tratamiento 2: *Trichoderma harzianum* L.**

Teniendo listas las semillas de tamarindo es importante de estas estén secas. La cama germinativa tiene que estar húmeda. Por otro lado, se colocó en un recipiente de 1000 ml, 1 g de *Trichoderma harzianum* en concentración de  $1 \times 10^9$  ufc/g revolviendo constantemente hasta formar una mezcla homogénea. Se realizó un agujero de 2 cm de profundidad y se ubicó la semilla, seguido de 10 ml de la solución biológica, y se procedió a cubrir la semilla con el sustrato.

### **Tratamiento 3: Agua a temperatura ambiente por tres días**

En un recipiente de vidrio se colocó un litro de agua a temperatura ambiente con las semillas de tamarindo escogidas. Luego se procedió a tapar con papel film, y luego se hizo pequeños orificios al papel para oxigenar el recipiente. Luego de 3 días, se retiraron del recipiente y se secó el agua con papel absorbente. Por último se sembraron en la cama de germinación.

### **Tratamiento 4: Agua a 90° C por un minuto**

En un recipiente de vidrio se colocó un litro de agua potable a 90° C introduciendo las semillas de tamarindo por 1 min. Luego se procedió a tapar con papel aluminio para conservar la temperatura por 1 min. Luego de 1 minuto se extrajeron del recipiente y se absorbió el agua con papel toalla. Por último, se las colocó en la cama de germinación.

#### **2.4.6 Siembra**

Se llenaron los recipientes de 12 onzas de capacidad hasta el borde, con el sustrato previamente preparado. Luego se humedeció el sustrato hasta el día en que se proceda a sembrar. El día de la siembra, con el sustrato húmedo, pero no encharcado, se realizó un agujero de 2 cm de profundidad. Se procedió a colocar 1 semilla por agujero y se cubrió con el sustrato, tratando de no dejar burbujas de aire alrededor de la semilla. Luego de esto se regó con agua cuidadosamente.

#### **2.4.7 Riego**

Se utilizó una bomba de mochila llena con una boquilla de abanico, sin mucha presión se procedió a realizar el riego antes y después de la siembra. El riego se realizó todos los días considerando las condiciones ambientales y evitando encharcar el sustrato.

## **2.5 Variables a analizar**

### **2.5.1 Porcentaje de inhibición de las semillas (PI).**

Se evaluaron 100 semillas por tratamiento, y el porcentaje de inhibición, es decir, de estas semillas cuantas no empezaron el proceso de germinación a los 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 días después de colocadas en el sustrato (Tomalá, 2015).

$$PI = [(N^{\circ} \text{ semillas inhibidas}) / (N^{\circ} \text{ semillas sembradas})] \times 100$$

### **2.5.2 Porcentaje de pudrición de las semillas (PP).**

Se escogieron 100 semillas por tratamiento y se las evaluó el porcentaje de semillas en proceso de descomposición a los 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 días después de colocadas en el sustrato. El porcentaje de pudrición se calculará con la siguiente fórmula (Tomalá, 2015).

$$PP = [(N^{\circ} \text{ semillas podridas}) / (N^{\circ} \text{ semillas sembradas})] \times 100.$$

### **2.5.3 Porcentaje de germinación de semillas (PG).**

Se evaluó 25 plantas por repetición, y se determinó el porcentaje de germinación a los 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 días después de colocadas en el sustrato, se calculó con la siguiente fórmula (Montenegro, 2020).

$$PG = [(N^{\circ} \text{ semillas germinadas}) / (N^{\circ} \text{ semillas sembradas})] \times 100$$

### **2.5.4 Índice de velocidad de germinación (IVG).**

Determinado según fórmula  $IVG = \sum [ni / (\sum ti)]$ , donde: ni es el número de semillas germinadas en el intervalo de tiempo ti y  $\sum ti$  es el período en días desde la siembra hasta el día 16 del experimento (García López, et al., 2016).

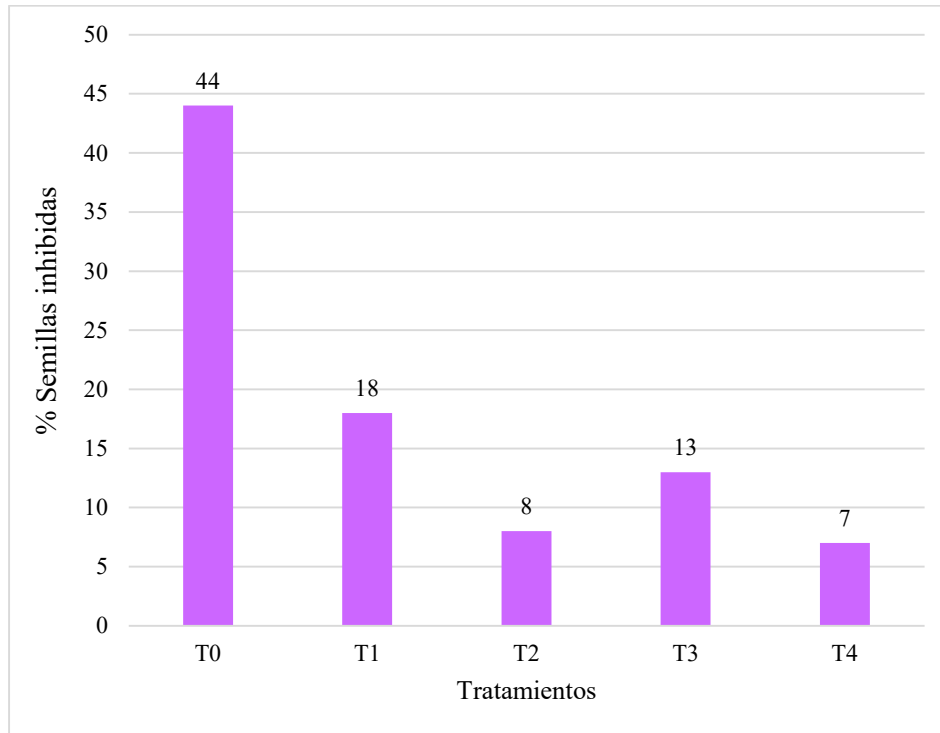
### **2.5.5 Porcentaje de Emergencia de plántulas (PE)**

Se determinó contabilizando el número de plántulas que emergieron en relación al total de semillas puestas en el experimento.

## CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUCIONES

### 3.1 Porcentaje de inhibición en la germinación de semillas (PI)

Se evaluó el porcentaje de inhibición hasta los 16 días posteriores a la siembra, los resultados se detallan en la Figura 6. El T4 con las semillas en agua a 90°C/ 1min, obtuvo un porcentaje de inhibición de 7% siendo el porcentaje más bajo entre los diferentes tratamientos, comparado con el T0 que tiene un porcentaje de inhibición de 44%, también sobresale el T2 inoculado con *Trichoderma harzianum* quien también obtuvo una inhibición del 8%. En cuanto a la escarificación física se puede observar que existió un porcentaje de 18% seguido de la escarificación física en agua a temperatura ambiente T3 con un 13% de inhibición de semillas.



**Figura 6** Porcentaje de Inhibición en la germinación de semillas de *Tamarindus indica* evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. Fuente: Zambrano R. 2021

El análisis de la varianza del porcentaje de inhibición, mostrado en la Tabla 2, se puede observar que tiene alta significación estadística al 1% en la variable tratamientos. El coeficiente de variación fue de 5,47 %.

**Tabla 2** Análisis de Varianza de la variable porcentaje de inhibición en la germinación de semillas de *Tamarindus indica* L.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	230,5	4	57,63	38,42	<0,0001
<b>Tratamiento</b>	230,5	4	57,63	38,42	<0,0001
<b>Error</b>	22,5	15	1,5		
<b>Total</b>	253	19			
<b>CV</b>	5,47%				

Fuente: Zambrano R. 2021

Como se muestra en la Tabla 3 el mayor número de semillas inhibidas se encuentra en el testigo quien no fue sometido a ningún método de escarificación, lo que concuerda con Poulsen y Stubsgaard (2000), quienes dicen que la semilla de testa dura no germinara si esta no es escarificada. Sin embargo, el T4 (método de escarificación físico con agua a 90°C/ 1min), demostró ser más rápido al romper el periodo de latencia de la semilla de tamarindo (Hernandez, 2016) en comparación con los demás tratamientos, pues al someter una semilla a altas temperaturas se logra romper las células del tejido (Sánchez J, 2002).

**Tabla 3** Prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de inhibición en la germinación de semillas de *Tamarindus indica* L.

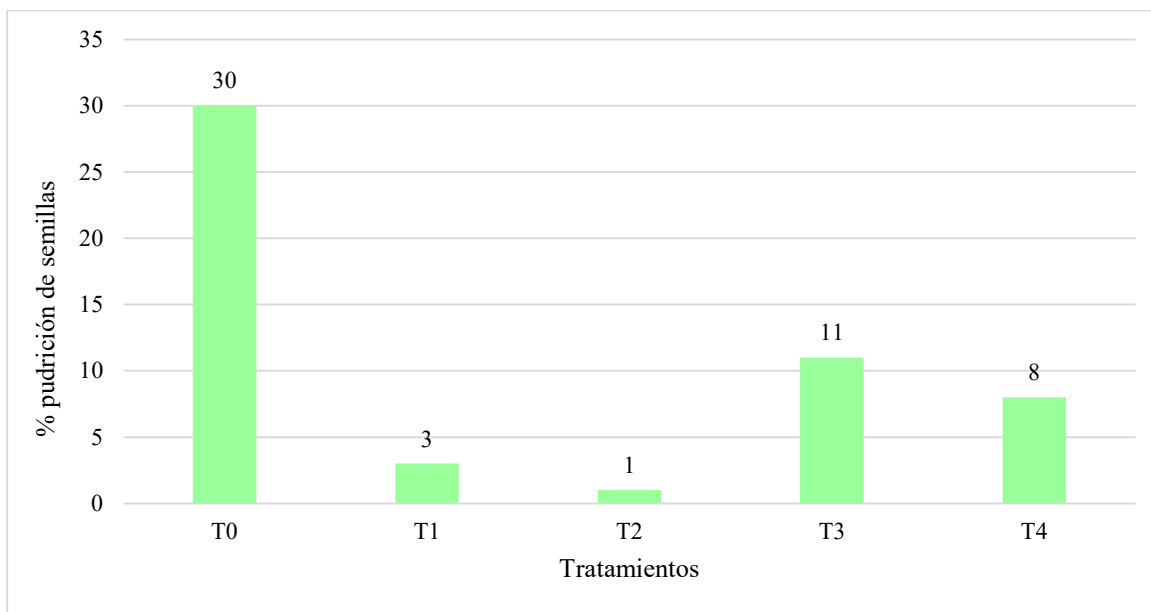
<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>			
4	23.25	4	0.61	A		
2	23.00	4	0.61	A	B	
3	21.75	4	0.61	A	B	
1	20.50	4	0.61			B
0	14.00	4	0.61			C

Fuente: Zambrano R. 2021



## 1.2 Porcentaje de pudrición de las semillas (PP).

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos de la variable pudrición de semillas, el tratamiento que más inconvenientes tuvo fue T0 con el 30% con respecto al T2 que es tratamiento con *Trichoderma harzianum* L. quien obtuvo solamente 1% de pudrición convirtiéndose en el tratamiento más adecuado para someter a diferentes tratamientos escarificativos. En el caso del tratamiento químico T1 el porcentaje de pudrición también es bajo pues este obtuvo 3% de semillas en descomposición, en cuanto a los tratamientos quienes son escarificación física T3 (agua a temperatura ambiente 25° C durante 3 días) y T4 (agua a temperatura de 90° C durante 1 min.) el porcentaje fue de 11% y 8% respectivamente. La pudrición en las semillas se presentó gradualmente los valores que se observan son datos obtenidos hasta el día 16 después de la siembra.



**Figura 7** Porcentaje de Pudrición de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. Fuente: Zambrano R. 2021.

En la Tabla 4 de Análisis de Varianza para la variable porcentaje de pudrición, se puede observar que tiene alta significación estadística al 1% en la variable tratamientos. El coeficiente de variación fue de 17,57 % debido a que el testigo que no fue sometido a ningún tratamiento escarificativo y presentó un alto número de semillas en estado de infestación por patógenos.

**Tabla 4** Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo.</b>	133,3	4	33,33	153,81	<0,0001
<b>Tratamiento</b>	133,3	4	33,33	153,81	<0,0001
<b>Error</b>	3,25	15	0,22		
<b>Total</b>	136,55	19			
<b>CV</b>	17,47%				

Fuente: Zambrano R. 2021

La semilla no es certificada, por lo cual, el índice de daños por patógenos en el ensayo es alto, para ello, se evaluó el número de semillas en descomposición a partir del día 4 después de la siembra, dando como resultado que el menor porcentaje de semillas que presentaron pudrición fue el del tratamiento biológico (T2) como se muestra en la Tabla 5, y de la misma manera se justifica el elevado porcentaje en el coeficiente de variación.

Probablemente, al inocular con *Trichoderma harzianum* se dio la protección extra contra patógenos del medio a la semilla (Cubillos et al., 2009) y por ello este microorganismo es muy utilizado en el medio agrícola por sus diferentes utilidades una de ellas es inhibir el daño a un cultivo por un patógeno específico, ya sea otro hongo o bacteria (Martínez et al., 2013).

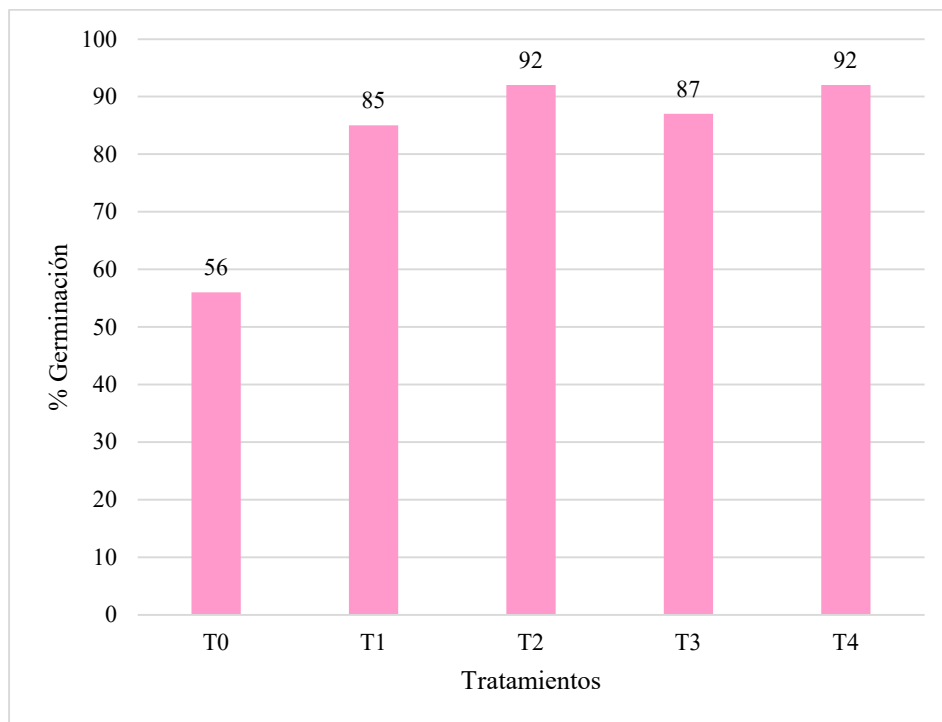
**Tabla 5** Prueba de significación de Tukey al 5% para tratamientos en la variable pudrición de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
0	7.5	4	0.23	A
3	2.75	4	0.23	B
4	2	4	0.23	B
1	0.75	4	0.23	C
2	0.25	4	0.23	C

Fuente: Zambrano R. 2021

### 3.3 Porcentaje de germinación de semillas (PG)

En la Figura 8 se observan el porcentaje de plantas germinadas hasta los 16 días después de la siembra, obteniendo como resultados: T0 un 56% de semillas germinadas, en T1 (NaClO) logró obtener 85% de semillas germinadas, en T3 (Agua 25°C) obtuvo 87% de semillas germinadas, T4 (Agua 90°C) y T2 (*Trichoderma harzianum* L.) lograron obtener un porcentaje de igual similitud, siendo los dos mejores tratamientos en cuando a germinación de semillas pues se logró un 92% de semillas germinadas en ambos tratamientos.



**Figura 8** Porcentaje de Germinación de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. Fuente: Zambrano R. 2021

En la Tabla 6 de Análisis de Varianza para la variable de porcentaje de germinación, se puede observar alta significación estadística al 1% entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 6,41% véase en la Tabla 13.

Durante el periodo de 16 días en el cual se evaluaron las semillas de tamarindo sometidas a diferentes tratamientos escarificativos, se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a la

germinación de semillas, el menor porcentaje de germinación se encontró en el testigo T0 con un porcentaje de germinación del 56% y el mayor número de semillas germinadas se encontró en el T2 y T4, como se muestra en la Tabla 13, obteniendo un porcentaje de germinación del 92%.

**Tabla 6** Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	232.3	4	58.08	33.19	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	232.3	4	58.08	33.19	<0.0001
<b>Error</b>	26.25	15	1.75		
<b>Total</b>	258.55	19			
<b>CV</b>	6,41%				

Fuente: Zambrano R. 2021

En el caso del tratamiento biológico T2, como se mencionó anteriormente, este microorganismo es capaz de proteger la semilla, ayudando en su desarrollo sin retrasos debido a que está inhibe a muchos patógenos del medio (Endara, 2011), mientras que el tratamiento físico T4, es un método poco utilizado ha demostrado ser efectivo para acelerar el proceso de germinación (Hernandez, 2016), esto se debe a que este tipo de método se aplica directamente a la testa de la semilla causándole la ruptura lo cual ayuda al proceso de germinación (Neri Chavez, et al., 2018), de la misma manera que nos manifiesta Orrala (2020) y que se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de germinación de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

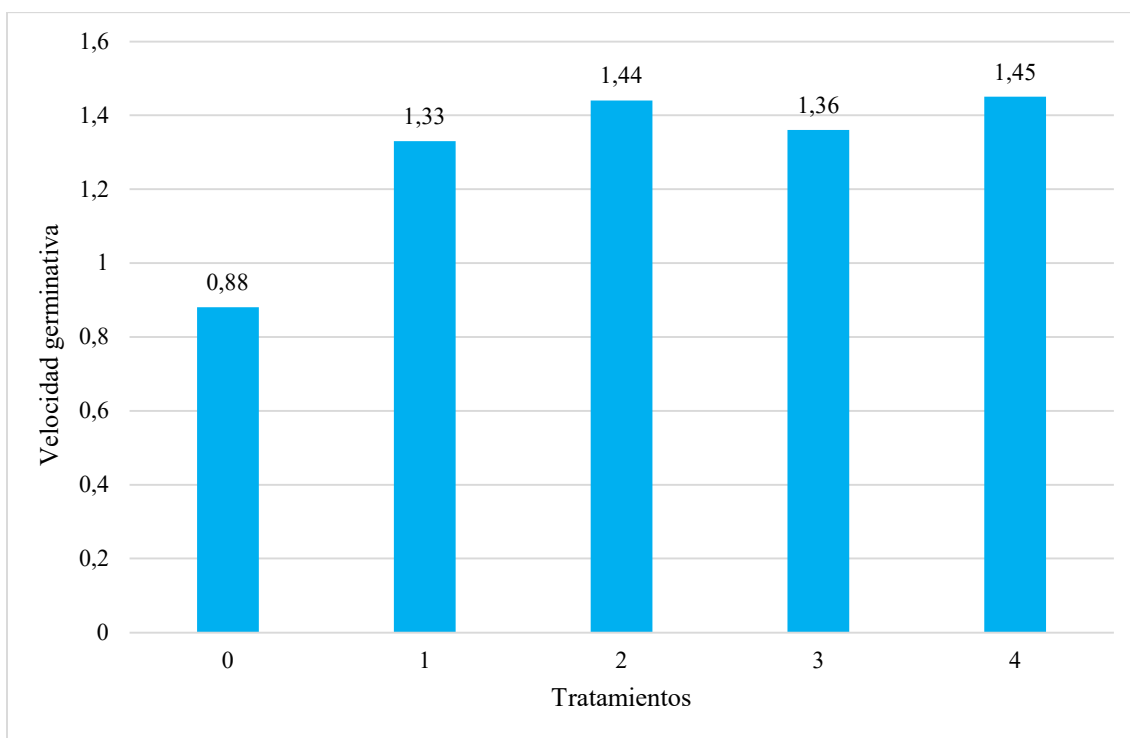
<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
4	23.25	4	0,66	A
2	23.00	4	0,66	A
3	2.,75	4	0,66	A
1	21.25	4	0,66	A
0	14.00	4	0,66	B

Fuente: Zambrano R. 2021

En cuanto a la capacidad germinativa por tratamientos se obtuvo los siguientes resultados hasta los 16 días después de la siembra: el T3 (Agua 25°C) obtuvo 89%, T4 (Agua 90°C) consiguió 92% el T1 (NaClO) alcanzó el 97% mientras que el T2 (*Trichoderma harzianum* L.) consiguió el 99% comparado con el T0 que obtuvo 70% de capacidad germinativa.

### 3.4 Índice de velocidad de germinación (IVG)

Los resultados en esta variable se pueden observar en la Figura 9 en donde se obtuvieron los siguientes resultados: el T1 (NaClO) alcanzó 1,33 mientras que el T2 (*Trichoderma harzianum* L.) consiguió 1,44 de la misma manera el T3 (Agua 25°C) obtuvo 1,36 y con respecto al T4 (Agua 90°C) consiguió 1,45 siendo el mejor tratamiento en esta variable comparado con el T0 que obtuvo 0,88 de velocidad germinativa.



**Figura 9** Índice de velocidad germinativa en semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. Fuente: Zambrano R. 2021

En la Tabla 8, se muestra la alta significación estadística al 1% entre tratamientos. El coeficiente de variación fue de 6,4 %, debido a la velocidad de germinación en relación de los tratamientos y

el testigo, pues este presenta un índice de velocidad de germinación bajo, los cuales no poseen diferencias significativas entre ellos.

**Tabla 8** Análisis de varianza para la variable índice de velocidad de germinación de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	0.91	4	0.23	33.2	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	0.91	4	0.23	33.2	<0.0001
<b>Error</b>	0.10	15	0.01		
<b>Total</b>	1.01	19			
<b>CV</b>	6,4%				

Fuente: Zambrano R. 2021

La respuesta a la germinación se da por el tratamiento escarificativo al que se somete a la semilla de tamarindo, sin realizar este tipo de proceso la velocidad germinativa aumenta (Rivera, 1990), al realizar los diferentes procesos de escarificación se disminuye el periodo de latencia de la semilla y aumentando la velocidad germinativa de estas (Vilela, 2015). En la Tabla 9, se pueden observar dos grupos de significancia, demostrando que el testigo tuvo un índice de velocidad germinativo bajo debido a que el periodo de latencia no se vio interrumpido por ningún tratamiento escarificativo.

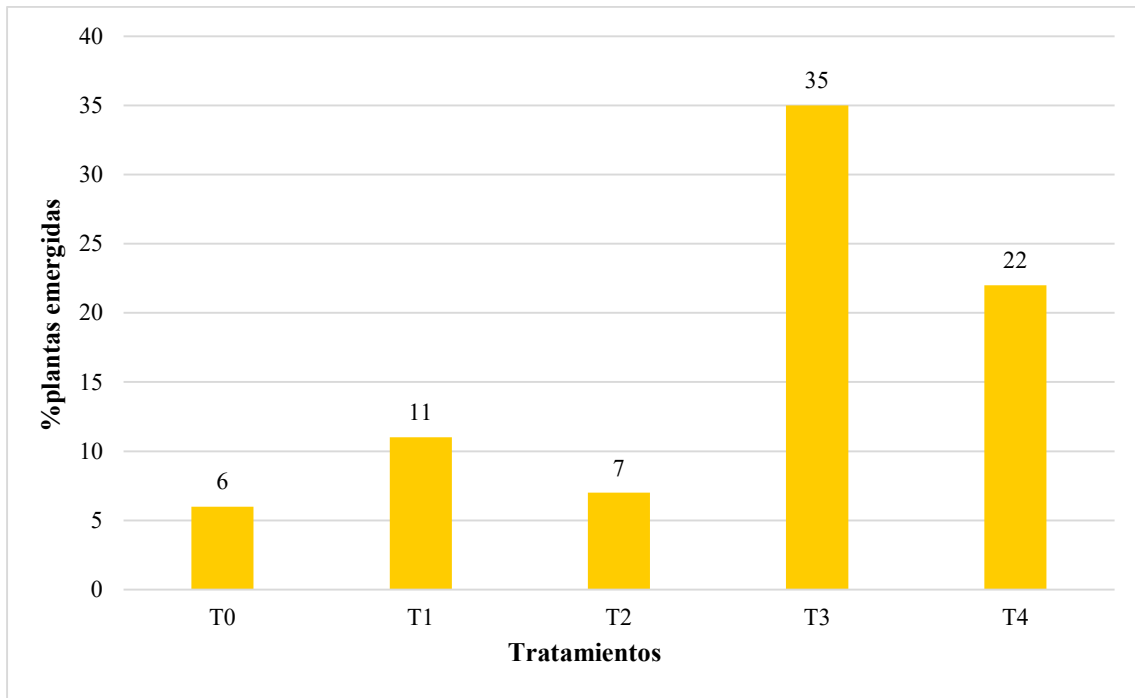
**Tabla 9** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable índice de velocidad de germinación de semillas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
4	1,45	4	0,04	A
2	1,44	4	0,04	A
3	1,36	4	0,04	A
1	1,33	4	0,04	A
0	0,88	4	0,04	B

Fuente: Zambrano R. 2021

### 3.5 Porcentaje de emergencia (PE)

En la Figura 10 se observan los resultados obtenidos para la variable porcentaje de emergencia hasta los 16 días después de la siembra, el tratamiento que se destacó fue el T3 (Agua 25°C) pues obtuvo un 35 % de emergencia, seguido con el T4 (Agua 90°C), quien consiguió un 22% de emergencia, el T1 (NaClO) consiguió 11% de emergencia mientras que el T2 (*Trichoderma harzianum* L.) obtuvo 7% en comparación con el T0 quien a los 16 días solo logró obtener el 6% de emergencia.



**Figura 10** Porcentaje de emergencia de plantas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra. Fuente: Zambrano R. 2021

En la Tabla 10 Análisis de Varianza de la variable de Porcentaje de emergencia, se puede observar que tiene alta significación estadística al 1% entre tratamientos. Observándose un coeficiente de variación del 29,54 %, véase a continuación.

**Tabla 10** Análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia de plantas de *Tamarindus indica* L. evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo.</b>	208.5	4	52.13	29.5	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	208.5	4	52.13	29.5	<0.0001
<b>Error</b>	26.5	15	1.77		
<b>Total</b>	23.5	19			
<b>CV</b>	29,54%				

Fuente: Zambrano R. 2021

El porcentaje de emergencia de las semillas durante el tiempo que se evaluó dio como resultado, que existen 3 grupos estadísticamente diferentes véase en la Tabla 11, en los que sobresale el T3 con el mayor número de plantas emergidas hasta el día 16 después de la siembra y obteniendo como resultado un porcentaje de emergencia del 35%, y siendo el T4 el siguiente con un porcentaje de emergencia de 22% (Tabla 13).

**Tabla 11** Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de emergencia de plantas de *Tamarindus indica* evaluado hasta los 16 días posteriores a la siembra.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
3	10.00	4	0.66	A
4	6.25	4	0.66	B
1	3.00	4	0.66	C
2	1.75	4	0.66	C
0	1.50	4	0.66	C

Fuente: Zambrano R. 2021

En esta variable el método escarificativo físico, como menciona Hernandez (2016), tiene repercusiones positivas eficientes y eficaces al someterlas a prueba en semillas de *Tamarindus indica*, debido a que esta escarificación se utiliza para romper la testa de manera que no afecte el contenido energético del embrión, permitiendo un crecimiento radicular sano y vigoroso (Vilela, 2015), lo que concuerda con (Doria, 2010), quien manifiesta que las semillas de testa dura necesitan de algún método escarificativo para acelerar el proceso germinativo y a la vez el porcentaje de emergencia.



Los resultados obtenidos, fueron sometidos al análisis de varianza en el software estadístico Infostat, y evaluado por el test de Tukey al 5%, utilizando un diseño completamente al azar.

**Tabla 12** Promedios generales de las variables evaluadas durante 16 días posteriores a la siembra en el estudio de escarificación de *Tamarindus indica* L.

TRATAMIENTOS/VARIABLES	Semillas Inhibidas	Semillas podridas	Semillas germinadas	Plántulas Emergidas	IGV
Hipoclorito de sodio al 3%	20,25 b	0,75 c	14,00 a	3,00 c	1,33 a
<i>Trichoderma harzianum</i>	23,00 ab	0,25 c	23,00 a	1,75 c	1,44 a
Agua a 25°C/ 3 días	21,75 ab	2,75 b	21,75 a	10,00 a	1,36 a
Agua a 90°C/ 1 min	23,25 a	2,00 b	23,25 a	6,25 b	1,45 a
Testigo	14,00 c	7,75 a	21,25 b	1,50 c	0,88 b
<b>CV (%)</b>	<b>5,47</b>	<b>17,57</b>	<b>6,41</b>	<b>29,54</b>	<b>6,4</b>

Fuente: Zambrano R. 2021

**Tabla 13** Porcentajes generales de las variables evaluadas durante 16 días posteriores a la siembra en el estudio de escarificación de *Tamarindus indica* L.

TRATAMIENTOS/VARIABLES	Semillas Inhibidas %	Semillas Podridas %	Semillas Germinadas %	Plántulas Emergidas %
Hipoclorito de sodio al 3%	18	3	85	17
<i>Trichoderma harzianum</i>	8	1	92	7
Agua a 25°C/ 3 días	13	11	87	35
Agua a 90°C/ 1 min	7	8	92	22
Testigo	44	30	56	6

Fuente: Zambrano R. 2021

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Al escarificar las semillas de *Tamarindus indica* L., se disminuyó el periodo de latencia de la especie logrando alto en los tratamientos: T4 (1,45), T2 (1,44) y T3 (1,36), así como un porcentaje de germinación similar del 92% en los tratamientos T2 y T4, concluyendo que los tratamientos que demostraron mejor desarrollo germinativo en *Tamarindus indica* L fueron el tratamiento de escarificación biológica con *Trichoderma harzianum* L. y el tratamiento escarificativo físico con agua a 90°C por un minuto.
- La evaluación de métodos de escarificación en semillas de *Tamarindus indica* L. indican que el método de escarificación química presentó, el 18% de inhibición de semillas, un 3% de pudrición de semillas, el 85% de germinación con un índice de velocidad germinativa del 1.33 y alcanzando el 17% de emergencia de plántulas hasta los 16 días después de la siembra, mientras que de los métodos de escarificación física sobresalió T4 el cual presentó el 7% de semillas en inhibición, el 8% de pudrición de semillas obtuvo el 92% de germinación con un índice de velocidad germinativa del 1.45 y 22% de plántulas emergidas hasta los 16 días después de la siembra y por último el método de escarificación biológica tuvo un comportamiento muy bueno pues este presentó solo el 1% de pudrición de semillas, 8% de inhibición de estas, sobresalió con el 92% de germinación con un índice de velocidad germinativa de 1.44 y 7% de emergencia de plántulas hasta los 16 días posteriores a la siembra.
- Se consideró que la capacidad germinativa fue favorable para todos los tratamientos pues el tratamiento físico en agua 25°C por tres días alcanzó el 89%, el tratamiento físico en agua a 90°C por un minuto consiguió 92%, el tratamiento con NaClO al 3% alcanzó el 97%, mientras que el tratamiento biológico con *Trichoderma harzianum* L. consiguió el 99% comparado con el T0 que obtuvo 70% de capacidad germinativa, sobresaliendo entre los demás tratamientos.

## RECOMENDACIONES

- Al realizar este tipo de ensayos dentro de un ambiente controlado, es imprescindible la desinfección de zapatos e instrumentos que se vayan a utilizar, para evitar contaminaciones externas.
- Se aconseja llenar 1 planilla por día para evitar aglomeración de datos.
- Continuar con las investigaciones del tema, ensayando otras alternativas metodológicas con material genético de otras localidades que incluyan tecnologías diversas como el electromagnetismo y el empleo de microorganismos.

## Bibliografía

Ávila Mora, F. y Sánchez Solórzano, J., 2016. *Repositorio de la Universidad Rafael Landívar*. [En línea]

Available at: <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/551>  
[Último acceso: 2021].

Cedeño, H. y Galarza, A., 2007. *Congreso de la Mujer en la Ciencia*. [En línea]  
Available at: [http://congresos.cio.mx/memorias\\_congreso\\_mujer/archivos/extensos/sesion1/S1-ING19.pdf](http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion1/S1-ING19.pdf)

Chip, J., 2016. *Evaluación de métodos de escarificación en semillas de pacaína (Chamaedorea sp)*, Chimaltenango: s.n.

Cubillos, J., Hijonosa, N. y Mejía, L., 2009. Trichoderma harzianum como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (Passiflora edulis var. Flavicarpa Degener). *redalyc.org*, 1(27), p. 7.

Depositfotos.com, 2009. *Depositfotos.com*. [En línea]  
Available at: <https://sp.depositphotos.com/vector-images/semilla-de-tamarindo.html?filter=illustration>  
[Último acceso: 23 Abril 2021].

Diémé, J., 2015. Respuesta adaptativa de especies leñosas a las variaciones climáticas y ambientales en el noroeste de Senegal. *Ecosistemas Revista científica de ecología y medio ambiente*, 25(1), pp. 94-98.

Doria, J., 2010. Generalidades sobre las semillas su producción, conservación y almacenamiento. *SciELO*, 31(1).

Endara, M., 2011. *Repositorio UTN*. [En línea]  
Available at: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/387>  
[Último acceso: 17 Mayo 2021].

García López, J., Lira Saldivar, R. H., Vera Reyes, I. y Méndez, B., 2016. *Repositorio CIQA*. [En línea]  
Available at: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/334>  
[Último acceso: 11 Mayo 2021].

Hernández, F., 2016. *Course Hero*. [En línea]  
Available at: <https://www.coursehero.com/file/60655609/TESIS-Tamarindo-completapdf/>

Irizarry, J., 2015. *sileshare*. [En línea]  
Available at: <https://es.slideshare.net/Prof.JIrizarry/modulo-7-la-semilla-45173350>  
[Último acceso: 11 Mayo 2021].

Jumbo, P. y Lalangui, J., 2011. *SLIDESHARE*. [En línea] Available at: <https://es.slideshare.net/jhoelymichelle27/la-semilla-10596436> [Último acceso: 11 Mayo 2021].

Koehler, H., 1890. *Biodiversitylibrary*. [En línea] Available at: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/10836#page/3/mode/1up> [Último acceso: 23 abril 2021].

López, J. L., 2008. *Litchi (Litchi chinensis) y Tamarindo (Tamarindus indica L.) dos frutales*, Saltillo: s.n.

Martinez Soles, P., 2009. *Slideshare*. [En línea] Available at: <https://es.slideshare.net/guest63708d/germinacion-de-semillas-y-metabolismo> [Último acceso: 11 Mayo 2021].

Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y., 2013. Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos.. *Scielo*, 28(1), pp. 1-11.

Mate, A. y Guerra, V., 2018. *Manual de Viveros*, Buenos Aires: s.n.

Medrano , I. y Cedeño, A., 2014. *SlideShare*. [En línea] Available at: <https://es.slideshare.net/nellypallasco/informe-botanica-de-semillas-mono-y-dico> [Último acceso: 2021].

Montenegro , L. y Saavedra , M., 2014. *Repositorio USS*. [En línea] Available at: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/845/SAAVEDRA%20MONTENEGRO%20MARIO%20LUIS%20MART%20c3%8dN.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Último acceso: 2021].

Montenegro, C., 2020. *REPOSITORIO UPSE*. [En línea] Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/5691> [Último acceso: 11 Mayo 2021].

Montes Fuentes, G., García Suárez, D., Gómez Olivares, J. y Serrano, H., 2006. Tamarindus indica L., una planta de usos múltiples. Su propagación y micropropagación.. *Scielo*.

Neri Chavez, J. C. y otros, 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), p. 9.

Orozco, M., 2004. *Manejo integrado de la cenicilla del tamarindo en el trópico seco de México*, Tecomán: s.n.

Orrala, K., 2020. *Repositorio Upse*. [En línea] Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5402/1/UPSE-TIA-2020-0013.pdf> [Último acceso: 16 mayo 2021].

Pájaro, H., Benedetti, J. y García, L., 2018. Caracterización Físicoquímica y Microbiológica de un Vino de Frutas a base de Tamarindo ( *Tamarindus indica* L. ) y Carambola ( *Averrhoa carambola* L. ). *Scielo*, 29(5), pp. 123-130.

Pazmiño, J. y Osorio, A., 2018. *Repositorio UDLA*. [En línea] Available at: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9770>

Pilapaña, G., 2013. *Repositorio UCE*. [En línea] Available at: <http://200.12.169.19/bitstream/25000/2063/1/T-UCE-0004-47.pdf> [Último acceso: 2020].

Poulsen, K. y Stubsgaard, F., 2000. *Google Académico*. [En línea] Available at: <http://www.sidalc.net/repdoc/A0011s/a0011s04.pdf> [Último acceso: 17 Mayo 2021].

Ramos Vásquez, E. y Zúñiga Dávila, D., 2008. Efecto de diferentes inoculantes sobre la actividad microbiana en la rizósfera del cultivo de pallar (*Phaseolus lunatus* var. sieva) en condiciones de campo.. *Scielo*, pp. 1-2.

Rivera, J., 1990. *Zamorano*. [En línea] Available at: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4135/1/T224.pdf> [Último acceso: 17 mayo 2021].

Rodríguez, A., 2008. El abrazo del tamarindo. *Scielo*, 12(2), pp. 103-105.

Romero Saritama, J. M. y Draper Munt, D., 2017. *Almacenamiento y morfología de semillas, esocies distribuidas en el sur del Ecuador*.. Loja: EDILOJA Cía. Ltda.

Romero, I., Gaspar, M., Achau, R. y Márquez, J., 2017. *Desinfectantes de ambientes y superficies utilizados en el ámbito sanitario*, s.l.: Grupo Genesis.

Sanabria, D., Silva, R., Oliveros, M. y Barrios, R., 2001. *Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de Centrosema rotundifolium*, Maturín: s.n.

Sánchez J, A., 2002. Efecto del tratamiento con agua caliente e imbibición sobre la germinación de semillas de *L. Leucocephala*. *Revista Científica*, XII(2), p. 583.

Tomalá, J., 2015. *REPOSITORIO UPSE*. [En línea] Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2740/1/UPSE-TIA-2015-036.pdf> [Último acceso: 15 mayo 2021].

Traxco, 2015. *TRAXCO SA.* [En línea] Available at: <https://www.traxco.es/blog/produccion-agricola/cultivo-del-tamarindo#:~:text=Con%20plantaciones%20establecidas%20a%20partir,10%20y%20los%2012%20a%C3%B1os.>

UNNE, 2017. *Guía de consultas Diversidad Vegetal-EUDICOTILEDÓNEAS ESCENCIALES*, Corrientes: 2017.

Vergara Tenorio, M., Ramos Prado, J. M., Sainz Campillo, C. y Rodríguez, S., 2012. *GERMINACIÓN Y MENEJO DE ESPECIES FORESTALES TROPICALES*, Mexico: s.n.

Vilela, J., 2015. *Comparativo de tratamientos pre germinativos en la semilla del algarrobo (Prosopis pallida H.B. Wild), en el valle del medio piura*, Perú: s.n.

Villamil, J., 2015. *Germinación de semillas*, Madrid: s.n.

Viveros García, J. y otros, 2012. *Sistemas de manejo y comercialización de tamarindo (Tamarindus indica L.) en tres municipios*, Veracruz: s.n.

Willan, R. L., 1991. *Déposito de documentos de la FAO. Guia para la Manipulación de semillas forestales.* [En línea] Available at: <http://www.fao.org/3/ad232s/ad232s10.htm> [Último acceso: 2020].

# **ANEXOS**

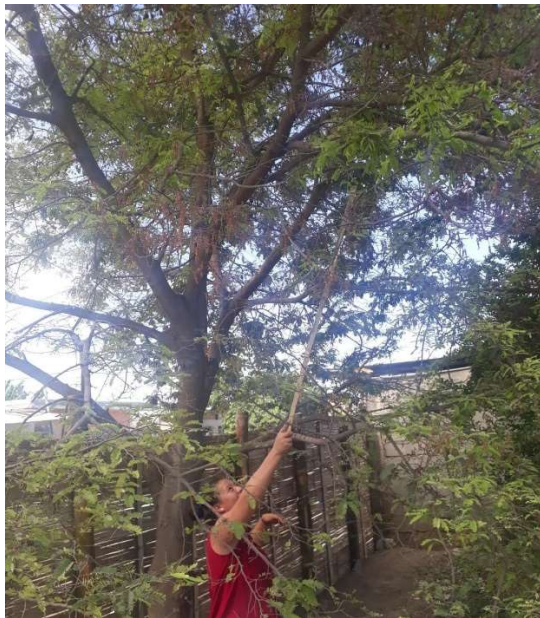




**Figura 1A.** Construcción de mesas germinativas



**Figura 2A.** Establecimiento del ambiente controlado



**Figura 3A.** Recolección de vainas de tamarindo



**Figura 4A.** Llenado de vasos



**Figura 5A.** Separación de los tratamientos



**Figura 6A.** Semillas seleccionadas



**Figura 7A.** Semillas descartadas



**Figura 9A.** Pesado de semillas

**Figura 8A.** Semillas afectadas por plagas de almacén



**Figura 10A.** Medición de semillas (largo)



**Figura 11A.** Medición de semillas ( ancho)



**Figura 12A.** Inicio del tratamiento con Hipoclorito de Sodio



**Figura 13A.** Inicio del tratamiento inoculador de hongo



**Figura 14A.** Inicio del tratamiento de 3 días de remojo



**Figura 15A.** Inicio del tratamiento con agua caliente



**Figura 17A.** Reacción de las semillas al tratamiento 1

**Figura 16A.** Solución de *Trichoderma harzianum*



**Figura 18A.** Reacción de las semillas al tratamiento 4



**Figura 19A.** Siembra de *Tamarindus indica* L.



**Figura 20A.** Bloque #1 en el día de siembra



**Figura 21A.** Bloque #2 en el día de la siembra



**Figura 22A.** Plántula de tamarindo a los 16 días T1 escarificación química



**Figura 23A.** Plántula de tamarindo a los 16 días T2 escarificación biológica



**Figura 24A.** Plántula de tamarindo a los 16 días T3 escarificación física



**Figura 25A.** Plántula de tamarindo a los 16 días T4 escarificación física



**Figura 26A.** Plántula de tamarindo a los 16 días T0 sin escarificación