



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**“EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE ESCARIFICACIÓN
QUÍMICA EN SEMILLAS DE TAMARINDO (*Tamarindus
indica* L.) EN EL CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE
SANTA ELENA”.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Jordano Damián Ponce Salinas

La Libertad, 2020



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**“EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE ESCARIFICACIÓN
QUÍMICA EN SEMILLAS DE TAMARINDO (*Tamarindus
indica* L.) EN EL CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE
SANTA ELENA”.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Jordano Damián Ponce Salinas

Tutora: Ing. Clotilde Andrade Varela, MSc.

La Libertad, 2021

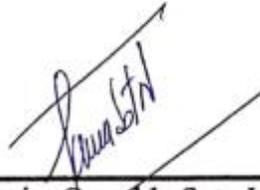
TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **PONCE SALINAS JORDANO DAMIAN** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **DEFENSA** el: 9/02/2022.



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
DIRECTOR/A DE CARRERA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Javier Oswaldo Soto Valenzuela, PhD.
PROFESOR/A ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Clotilde Andrade Varela, MSc.
PROFESOR/A TUTOR/A
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcda. Ana Villalta Gómez, Mgt
SECRETARIO/A

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primera instancia a Dios por brindarme salud y fuerzas para continuar en este corto camino. Quiero agradecerles a mi familia quienes fueron pieza clave para alcanzar esta meta, brindándome su cariño y apoyo diariamente a lo largo de mi carrera, a su vez agradecer de forma especial a mi esposa Fernanda Báez por aportarme con su amor y el amor a mis hijos, siendo un pilar fundamental de mi pequeña familia, de la misma manera agradecer a mis docentes por el conocimiento brindado en especial a la Ing. Lenni Ramírez por permitirme en su paso de directora de la facultad el cambio de carrera y siempre contar con su ayuda y de manera muy grata a mi Tutora la Ing. Clotilde Andrade que en su calidad de docente me brindo la mano con su amistad desde antes de pertenecer a esta facultad y brindo de su conocimiento en este proceso de titulación. .

Agradezco a todos mis compañeros en especial a mis grandes amigos Fernando Orrala y Danilo Torres por compaginar esa amistad y ese apoyo diario en nuestras clases, a mi amiga Roxana Zambrano que me brindo sus conocimientos y ayuda en la elaboración de mi tesis y a no renunciar a la última parte de mi carrera.

Jordano Ponce Salinas.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de manera especial a mis hijos, Camila Ponce y Dylan Ponce que son el motor fundamental de mi vida, el impulso a seguir mejorando día a día y las fuerzas para seguir alcanzando cada meta propuesta.

Jordano Ponce Salinas

RESUMEN

El cultivo de *Tamarindus indica* L. al igual que otros cultivos frutales poseen semillas de testa dura, que para el agricultor se torna difícil acelerar el proceso de germinación por el tema de la testa ya que esta es más gruesa a diferencia de las semillas de otros cultivos. Este ensayo se enfoca en la utilización de un método escarificativo en particular; la escarificación química donde se pretende acelerar el proceso germinativo de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) acortando la etapa de inhibición para su rápida germinación, donde el método es frecuentemente utilizado en otras especies de frutales obteniendo más del 90% de germinación, y también este método de escarificación destaca por el poder de poseer factores que impidan la proliferación de hongos, bacterias y factores que ayudan al rápido desarrollo de la plántula.

Palabras claves: Ácido fosfórico, ácido nítrico, ácido sulfúrico, escarificación química, semillas de tamarindo

ABSTRACT

The cultivation of *Tamarindus indica* L. as well as other fruit crops have seeds of hard head, which for the farmer becomes difficult to accelerate the germination process due to the issue of the head, since it is thicker than the seeds of other crops. This essay focuses on the use of a particular scarification method; chemical scarification where the aim is to accelerate the germination process of the tamarind seed (*Tamarindus indica* L.) shortening the inhibition stage for its rapid germination, where the method is frequently used in other species of fruit trees obtaining more than 90% germination, and also this method of scarification stands out for the power of possessing factors that prevent the proliferation of fungi, bacteria and factors that help the rapid development of the seedling.

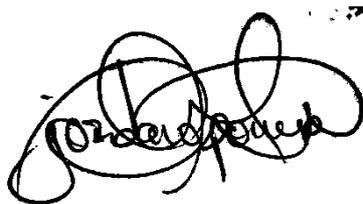
Keywords: Phosphoric acids, nitric acid, sulfuric acid, chemical scarification, tamarind seeds.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE ESCARIFICACIÓN QUÍMICA EN SEMILLAS DE TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.) EN EL CANTÓN SALINAS, PROVINCIA DE SANTA ELENA”** y elaborado por **Ponce Salinas Jordano Damian**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"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".



Ponce Salinas Jordano
Damian

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema científico	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Origen del Cultivo.....	4
1.2 Taxonomía del cultivo	4
1.3 Distribución del cultivo.....	5
1.4 Descripción botánica del cultivo	5
1.5 Clima.....	6
1.6 Suelo.....	6
1.7 Siembra	6
1.8 Germinación de semillas	6
1.9 Tipos de propagación	7
1.9.1 Propagación por semilla	7
1.9.2 Propagación por injerto	7
1.10 Plagas y Enfermedades	7
1.11 Métodos de Escarificación.	7
1.11.1 Escarificación Química	8
1.11.2 Ensayos realizados	8
1.11.3 Escarificación Física.....	9
1.11.4 Escarificación Biológica.....	9
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1 Localización y descripción del área de estudio	10
2.2 Materiales y Equipos.....	10
2.2.1 Materiales.....	10
2.2.2 Insumos.....	11
2.2.3 Equipos	11
2.3 Metodología	11
2.3.1 Acondicionamiento del lugar de ensayo y elaboración de la cama de germinación. .	11
2.3.2 Elaboración del sustrato	11
2.3.3 Selección de semillas	12

2.3.4	Desinfección de la semilla.....	12
2.3.5	Metodología para los tratamientos.....	12
2.3.6	Cambio de cama	14
2.3.7	Riego	14
2.4	Variables a analizar	15
2.4.1	Porcentaje de inhibición de semillas.	15
2.4.2	Porcentaje de pudrición de semillas.....	15
2.4.3	Porcentaje de germinación de semillas.....	15
2.4.4	Porcentaje de sobrevivencia luego de la germinación.....	15
2.5	Diseño experimental y tratamientos.....	15
2.6.1	Tratamientos	15
2.6.2	Diseño experimental	17
2.6.3	Análisis estadístico	17
2.6.4	Delineamiento experimental	18
CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN		19
3.1	Porcentaje de pudrición	19
3.2	Porcentaje de Inhibición	21
3.3	Porcentaje de Germinación.....	23
3.4	Porcentaje de Sobrevivencia	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		27
CONCLUSIONES		27
RECOMENDACIONES		28
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		29
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos	16
Tabla 2. Nomenclatura de tratamientos para la evaluación de escarificación química de semillas de Tamarindo	16
Tabla 3. Diseño experimental al azar número total de tratamientos	16
Tabla 4. Análisis de varianza para la evaluación de escarificación química en semillas de <i>Tamarindus indica L.</i>	17
Tabla 5 Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición de semilla de <i>Tamarindus indica L.</i> evaluados hasta los 20 días posteriores a la siembra.....	19
Tabla 6 Análisis de varianza para la variable porcentaje de inhibición de semilla de <i>Tamarindus indica L.</i> evaluados hasta los 20 días posteriores a la siembra.....	21
Tabla 7 Análisis de varianza para el variable porcentaje de germinación de semilla de <i>Tamarindus indica L.</i> evaluados hasta los 20 días posteriores a la siembra.....	23
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable porcentaje de sobrevivencia de semilla de <i>Tamarindus indica L.</i> evaluados hasta los 20 días posteriores a la siembra.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lugar de ensayo, Salinas-Santa Elena	10
Figura 2. Porcentaje de pudrición de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 20 días posteriores a la siembra.	19
Figura 3. Porcentaje de inhibición de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 20 días posteriores a la siembra.	20
Figura 4. Porcentaje de germinación de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 20 días posteriores a la siembra.	22
Figura 5. Porcentaje de sobrevivencia de semillas de <i>Tamarindus indica</i> L. evaluado hasta los 20 días posteriores a la siembra.....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura. 1A Recolección de semillas de tamarindo.

Figura. 2A Construcción de mesas de germinación.

Figura. 3A Separación de la semilla del material orgánico.

Figura. 4A Exposición de la semilla al sol por 3 horas.

Figura. 5A Confinamiento de la semilla, para evitar el ingreso de microorganismos.

Figura. 6A Elaboración del sustrato.

Figura. 7A Obtención de la medida de la semilla.

Figura. 8A Peso de 100 semillas.

Figura. 9A Peso de los diferentes ácidos (Nítrico, Sulfúrico, Fosfórico).

Figura. 10A Inoculación de las semillas al ácido por tiempo controlado.

Figura. 11A Preparación de las camas de germinación.

Figura. 12A Clasificación de los bloques de germinación.

Figura. 13A Cubrimiento de las camas con material oscuro, para acelerar el proceso germinativo elevando la temperatura.

Figura. 14A Destapar bandejas para la oxigenación de las camas germinativas

Figura. 15A Paso del proceso de inhibición a germinación de las semillas de tamarindos.

Figura. 16A Medición de la radícula.

Figura. 17A Llenado de vasos para el transplante de las plántulas.

Figura. 18A Transplante de las plántulas de tamarindo.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es cultivado en varios países de América latina (El-Siddig, 2006). Se aprovecha más el fruto, cuya disponibilidad es temporal pero se puede encontrar en el mercado todo el año, tiene una variedad de productos como bebidas, polvo de condimento y dulces (Zhao *et al.*, 2005).

Se considera al Ecuador que es un país con gran diversidad, posee una amplia variedad de frutas con alto valor nutricional como es el tamarindo (*Tamarindus indica* L.) también se encuentra dentro del comercio exportable (Paute & Guamán, 2016). La especie *Tamarindus indica* L. es la única introducida y cultivada en Ecuador en las provincias de El Oro, Manabí y Guayas (Galarza Hidalgo, 2019).

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es un árbol nativo del trópico correspondiente a la familia de las leguminosas. Su fruto es una vaina curva, se muestra de color marrón rojizo pero mientras va madurando se vuelve de color marrón negro, más aromático y agrio (Martinello *et al.*, 2005). Posee una corteza gruesa y su pulpa carnosa contiene de tres a seis semillas ovaladas, aplanadas, unidas entre sí por fibras (Pérez *et al.*, 2012). Los tipos de propagación de esta especie son por medio de la semilla o utilizando métodos vegetativos (injerto, acodo, estacas) (Censos, 2012).

Los métodos de escarificación comprenden tratamientos químicos, físicos, mecánicos y biológicos, consiste en ocasionar daño en la testa de la semilla sin perjudicar el embrión, por un tiempo estimado se somete a remojo en agua con sustancias químicas que estimulan la germinación de la semilla (Jiménez, 2004).

Existen estudios realizados en el análisis de efecto de distintos métodos de escarificación química, física y mecánica combinados entre ellos, con diferentes tratamientos en germinación de semillas, obteniendo resultados de porcentajes significativos con tratamientos mecánicos y físicos (Jiménez, 2004).

En la provincia de Santa Elena tiene una superficie total de 360 530,02 hectáreas que comprenden diferentes tipos de cobertura y uso de la tierra, el tamarindo cubre un área de 5,64 Ha, siendo el porcentaje de 0,002, plantados en linderos de propiedades, parques,

avenidas y huertos caseros (Sánchez *et al.*, 2012). Actualmente se promueve la siembra para producir y generar nuevas fuentes de ingreso al productor, se considera que el cultivo requiere de gran cantidad de agua solo en sus primeros años de producción.

Los métodos de escarificación son una alternativa y eficaz para la conservación de especies. Esta investigación surge bajo el planteamiento de un proyecto de vinculación con la comunidad “Plantación de especies autóctonas en las comunas Atahualpa y el Tambo, cantón Santa Elena”, con este contexto plantearé el método de escarificación como reproducción de la especie de tamarindo (*Tamarindus indica* L.), tiene como finalidad evaluar el tiempo y el porcentaje de germinación sometido a diferentes tratamientos de concentración de ácidos, con los resultados que se obtienen se puede iniciar un proyecto de reforestación frutícola en el cantón Salinas.

Problema científico

¿Cuál será la respuesta a la germinación de semillas de (*Tamarindus indica* L.) sometida a diferentes tratamientos químicos?

Objetivo general

Evaluar métodos de escarificación química en semillas de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) bajo diferentes concentraciones.

Objetivos específicos

- Evaluar la germinación de semillas de tamarindo sometidas a diferentes concentraciones de ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico.
- Determinar la concentración de ácido que estimule la mejor respuesta a la germinación de las semillas.

Hipótesis

Al menos un tratamiento químico, como método de escarificación química en semillas de tamarindo influirá positivamente en la germinación.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Origen del Cultivo

El tamarindo proveniente de la zona tropical africana y siendo hallada creciendo de manera silvestre por todo el Sudan. Fue trasladada desde América hacia la India en épocas imposibles de recordar (inmemoriales), donde recibió una exclusiva atención, originando supuestos rumores de ser su principal lugar de origen. Se detalla tiempo después que este frutal fue introducido a la América a mediados del siglo XVI (Olivares, 2015).

Tamarindus indica L. árbol de superior tamaño, longeva vida y con frecuencia siempre verde, siendo este sub caducifolio, originario de las sabanas secas del Africa tropical, que comprende desde Sudán, Etiopía, Kenia y Tanzania, en dirección hacia el oeste a travez de Africa sub-Saheliar hasta Senegal. La especie fue introducida al Medio Oriente, Egipto y Asia por mercaderes arabes en tiempos antiguos, en la actualidad la especie se plantado y adaptado en regines tropicales y subtropicales, incluyendo en esta regiones como el Caribe, el norte de America del Sur y Amaerica Central (Pérez, 2016).

1.2 Taxonomía del cultivo

La siguiente clasificación taxonómica según (Montes, et al., 2006):

Reino: Vegetal

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Spermatophitina*

Clase: *Angiospermae*

Subclase: *Dicotiledóneas*

Orden: FABALES

Familia: Fabaceae

Subfamilia: *Caesalpinóideas*

Género: *Tamarindus*

Especie: *indica*

Nombre común: Tamarindo

Nombre científico: *Tamarindus indica* L.

1.3 Distribución del cultivo

Posee una amplia distribución en zona trópica y subtropical, el rango que abarca su óptimo desarrollo se da de 0 – 1 200 msnm. La distribución comprende los estados de Baja California Sur, Colima, Durango, Oaxaca, Sinaloa, Puebla, Quintana Roo, Yucatán; es una especie altamente cultivada en la mayoría de los trópicos del mundo, donde usualmente siempre es verde, de natividad de los trópicos del viejo mundo (Romero, 2011).

Insertada en el moderno mundo entre los años 1 700 y 1 800, posiblemente trasladados en los primeros embarques de esclavos del oeste de Africa, en la actualidad se ha naturalizado el cultivo siendo este en alto en zonas tropicales y subtropicales, incluyendo regiones como América Central, El Caribe y el norte de América del Sur (Mora *et al.*, 2016).

1.4 Descripción botánica del cultivo

El tamarindo pertenece a la clasificación de las especies arbóreas, que en condiciones ambientales uniformes llega alcanzar la altura no despreciable de entre 24 a 30 m y con un diámetro de su copa de 12 m. El tallo llega a obtener un grosor en su base de hasta 7.5 m, con una superficie arrugada y de color gris. Posee una gran resistencia a la acción de los vientos. El follaje está constituido de hojas pinnadas de 7.5 a 15 cm de largo, obteniendo así que cada una de estas posea de 10 a 20 pares de folios oblongos de 1.5 a 2.5 cm de largo y de 6 a 6 mm de ancho (Delgado, 2016).

Los árboles cuando alcanzan su madurez crecen hasta una altura de 25 m, con diámetros de su tronco de aproximadamente 150 cm, son característicos por poseer una copa redondeada, esparcida y densa con una cobertura que va desde los 6 hasta los 10 m. Sus ramas poseen un ampliación muy extendida con ramillas en forma de zigzag (Moreno, 2012).

Sus hojas son alternas, paripinadas, corto pecioladas teniendo un largo de 5 a 15 cm; con un aproximado de 10 a 20 pares de pinnas enteras, oblongas, con base oblicua y apice redondeado, casi sésiles. Posee una corteza gruesa, gris y con profundas fisuras (Moreno, 2012).

1.4.1. Semilla

Sus semillas son indehiscente, comprimidas de forma lateral, de textura lisa, de forma ovalada, con una testa café lustrosa, con un tamaño de 1 cm de largo, carecen de endospermo como la principal reserva nutritiva de otras semillas, poseen par de cotiledones grueso y una radícula pequeña y de forma recta (International Seed Testing Association) (ISTA , 2019).

1.5 Clima

El tamarindo se adapta en condiciones satisfactorias de trópico seco con riego, igualmente se desenvuelve bien en trópicos húmedos y con desarrollo sobresaliente siempre que está presente las lluvias en el crecimiento y maduración del fruto. El clima con poca lluvia es sustancial en el proceso de desarrollo del fruto (Ramírez, 2019).

1.6 Suelo

Esta especie progresa bien en terrenos profundos con un buen drenaje, tolera pH que va desde 6.5 a 7.5, sin embargo puede desarrollarse en terrenos ligeramente ácidos, o simplemente crecer en terrenos calcáreos siempre que existan condiciones de riegos en periodos de sequía y se le brinde una buena fertilización (Montes *et al.*, 2006)

1.7 Siembra

La semilla es el principal punto de inicio para una correcta plantación, con una limitada vida productiva y adecuada rentabilidad por diversos años. Dependerá el fruto económico de un material de propagación sano, elegido por su alta productividad, con una excelente morfología de la especie, y sobre todo de su amplia edad al establecerse en campo definitivo. Se recomienda la siembra en base a aquellos árboles que poseen registros de rendimiento de más de 160 Kg por planta/año (CONAFRUT, 1999).

1.8 Germinación de semillas

Las semillas de muchas especies germinan cuando se les somete a condiciones de humedad y temperatura favorables, sin embargo, en algunos casos poseen un determinado grado de latencia de semilla; la latencia, dormancia o letargo, es un estado natural que se genera en las semillas durante sus procesos evolutivos, la emergencia y desarrollo de las plántulas en una fase donde sus estructuras esenciales señalan si es capaz de desarrollarse en una planta satisfactoria bajo condiciones favorables del suelo. (Pérez, 2016).

1.9 Tipos de propagación

Existen métodos tradicionales para la propagación del tamarindo, 1) Por semilla, 2) Por injerto, en diferentes casos se deben proceder a una selección de los árboles madre, que posean características de altos productores, que produzcan frutos de buena calidad y sano (Parrotta, 1990).

1.9.1 Propagación por semilla

Consiste en la preparación de semilleros con un alto porcentaje de arena, anteriormente desinfectado y protegido del maltrato de animales, con un sistema de riego adecuado. Se efectúa la siembra colocando las semillas con una separación de 3 a 5 cm y no menos de 10 cm entre hileras. Una vez concluida la etapa de germinación de entre 8 a 10 días en que alcanzan una altura de 3 a 5 cm óptima para el posterior trasplante en el vivero (Pérez, 2016).

1.9.2 Propagación por injerto

Las plantas que se seleccionen en el vivero estarán aptas para ser injertadas cuando posean una edad de 8 a 12 meses, o también poseer un grosor de 1 cm con una altura considerable de 10 a 15 cm del cuello de la planta. El método que ha sido más satisfactorio de enjertación y que ha brindado los mejores resultados es el Método de Aproximación (Pérez, 2016)

1.10 Plagas y Enfermedades

El cultivo de tamarindo es un frutal que posee una amplia resistencia frente a problemas fitosanitarios por su alta rusticidad. Su principal plaga que amenaza su producción son los gorgojos (*Sitophilus linearis* y *Ceruedon goñagra*), que afectan directamente al fruto del tamarindo, y se detectan con facilidad al observar en la vaina madura orificios de 3mm de diámetro. Los insectos adultos se los localiza alimentándose de la pulpa, mientras que las larvas se las encuentra dentro de la semilla. El ataque de este insecto ocasiona la pérdida de casi el 40% de la producción (Gonzalez, 1984).

1.11 Métodos de Escarificación.

Muchas semillas al alcanzar su punto máximo de madurez inician un período de latencia producido por factores internos y externos; que normalmente se interrumpe cuando se presentan las condiciones naturales adecuadas para la germinación o cuando se utilizan tratamientos que ayudan a propiciar las condiciones idóneas para la germinación de las semillas y aumentar los porcentajes de germinación (Rodríguez, 2000).

Los métodos de escarificación comprenden tratamientos físicos, mecánicos y biológicos como el calor seco, la ruptura de la testa, el remojo en agua y soluciones químicas que propician la germinación de las semillas. Todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta se denomina escarificación, por eso en algunos casos solo basta con destruir un solo punto de la cubierta para que se produzca la imbibición e intercambio de gases y así se inicie la germinación (Padilla, 2005).

1.11.1 Escarificación Química

La sustancia química que más se utiliza para romper la latencia de las semillas es el ácido sulfúrico, sumergiendo las semillas por un tiempo determinado, sin embargo, se debe tener el cuidado con la concentración y tiempo de exposición de las semillas al ácido, ya que éste puede penetrar hasta el embrión y provocar la muerte de la semilla, en algunas especies es más eficaz el tratamiento con agua caliente (Padilla, 2005).

Se lleva a cabo utilizando productos químicos. Este tipo de escarificación debilita la capa externa de las semillas, la libera de posibles plagas o impurezas que podrían estar pegadas en la misma. Entre los productos que se utilizan se encuentra el ácido sulfúrico o ácido clorhídrico. Se debe ser prudentes al utilizar estos productos puesto que son tóxicos por inhalación y extremadamente cáusticos para la piel. Por ello se debe llevar ropa adecuada y una protección eficaz para la cara y las manos (Chicaiza, 2012).

1.11.2 Ensayos realizados

En el experimento “Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*”, para cada tratamiento se colocaron las semillas en vasos de precipitación de 50 ml, agregándoles ácido sulfúrico concentrado al 98% hasta que queden completamente cubiertas. Los tiempos de exposición fueron 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 64 min. Las semillas se agitaron con bastón de vidrio cada 2 min para los dos primeros tiempos de inmersión y cada 5 min para los restantes. Luego se separaron del ácido y se lavaron durante cinco minutos con agua destilada. De cada tratamiento de inmersión, incluyendo el testigo, se seleccionaron aleatoriamente 300 semillas y se colocaron en las bandejas de acuerdo al procedimiento descrito (Sanabria, et al., 2001).

En el método de escarificación los tratamientos químicos utilizando ácidos (sulfúrico, nítrico y fosfórico) al 50 % no fueron lo suficientemente fuertes como para romper la cubierta impermeable de la semilla *Vachellia macracantha* (Maldonado Arciniegas, 2015)

1.11.3 Escarificación Física

En la escarificación física de la semilla de tamarindo se sumerge en agua limpia para tener condiciones normales o a temperaturas ambientes como en una base de tierra o abono en el que la semilla este a un ambiente normal, además la escarificación física se somete en que la testa de la semilla es dura e impermeable al agua (Peña, 2010).

1.11.4 Escarificación Biológica

La escarificación biológica se utiliza semillas orgánicas de frutos de tamarindo, con las semillas completas (con testa) y con semilla a la que se le corta manualmente la testa para ayudar a la penetración del reactivo del embrión, 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 la oscuridad (Chávez, 2013).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización y descripción del área de estudio

Este estudio se realizará en un invernadero situado en el cantón Salinas provincia de Santa Elena. El sitio experimental tiene las siguientes coordenadas geográficas Latitud $2^{\circ}14'13.0''S$ y Longitud $80^{\circ}56'14.8''W$, a 8 msnm de topografía plana con una pendiente de 1%, humedad relativa de 79%, precipitaciones anuales promedio de 125 a 150 mm, luminosidad de 4 – 6 horas luz/día y una temperatura anual de $21^{\circ}C$ a $33^{\circ}C$.

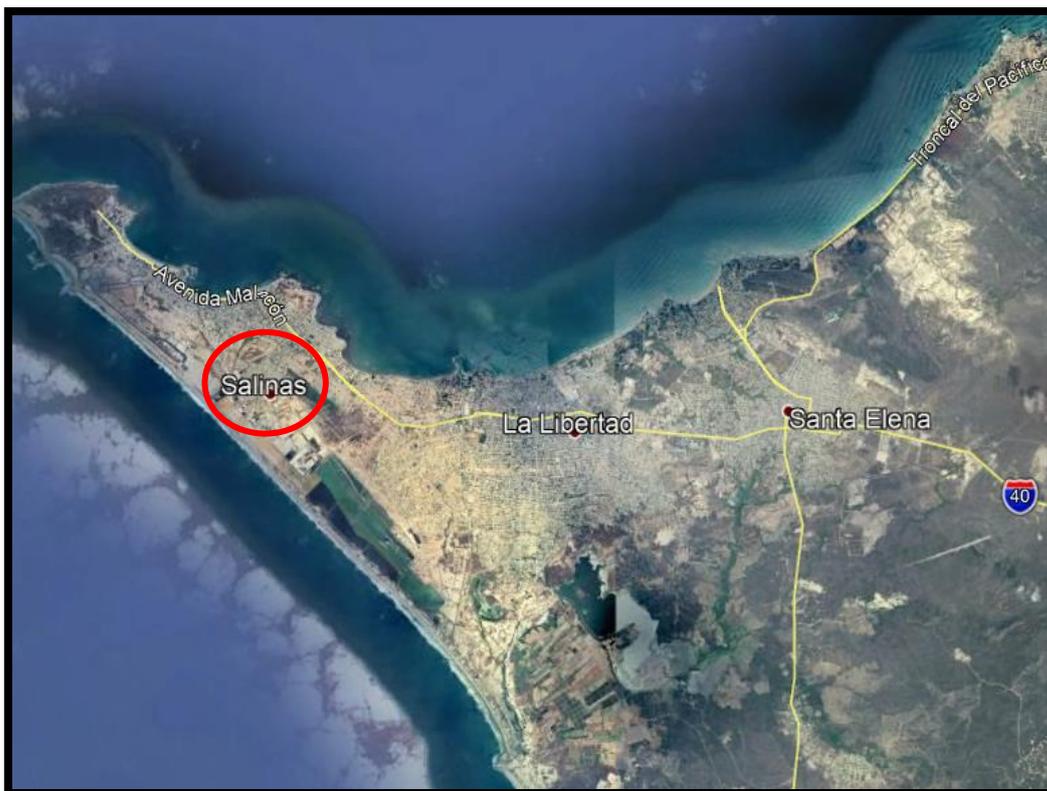


Figura 1. Lugar de ensayo, Salinas-Santa Elena. Fuente: Google Maps

2.2 Materiales y Equipos.

2.2.1 Materiales

- Semilla de tamarindo
- Papel absorbente
- Recipiente de spray
- Desinfectante de semillas
- Agua
- Gafas
- Guantes

- Recipientes de aluminio
- Libreta
- Lápiz
- Borrador

2.2.2 *Insumos*

- Hipoclorito de sodio
- Ácido sulfúrico
- Ácido nítrico
- Ácido fosfórico

2.2.3 *Equipos*

- Cámara fotográfica
- Computador
- Cronometro
- Balanza Gramera

2.3 Metodología

2.3.1 *Acondicionamiento del lugar de ensayo y elaboración de la cama de germinación.*

Se procedió armar o adecuar el lugar del ensayo, ubicando techo transparente de policarbonato para permitir el paso de la luz, para la respectiva germinación y desarrollo de la planta. Para montar la de cama de este ensayo, se adquirieron 12 tablas de 6 metros de largo y 10 cuarterones, que servirán como soporte para la ubicación de las tablas, formando 4 camas de germinación, cada cama se subdivide en 3 secciones sumando 12 secciones en total, una para cada tratamiento. Luego se procedió hacer la debida limpieza y desinfección del lugar con detergente y agua, se colocó en un litro de agua, 2 kg de hojas de neem reposando toda la noche, después se drenó el agua de neem desechando las hojas y se vertió el concentrado de neem en 15 litros de agua dentro de una bomba de mochila, se procedió a la desinfección de las camas utilizando el neem como control biológico de plagas combatiendo y repelando así pulgones, trips, ácaros y otros insectos que se encuentren adheridos o alojados en la madera de las camas u exteriores del lugar de ensayo.

2.3.2 *Elaboración del sustrato*

Se elaboró una mezclanza de sustrato, constituida por el 100% de cual el 50% de arcilla, 25% de arena gruesa con piedrillas que no sobrepasen 5 mm de diámetro y 25% de materia

orgánica. Después de tener listo el sustrato se procede a la desinfección del sustrato con Terraclor 75%, con las dosis de: cada 10 kg sustrato fumigar con 5 cucharadas pequeñas de Terraclor 75% diluidas en 1 litro de agua, posterior a esto se ubicó el sustrato ya desinfectado en las camas de germinación para el posterior proceso de sembrío. Con atomizadores se humedeció el sustrato, siempre tomando en cuenta de no colapsar con abundante humedad.

2.3.3 Selección de semillas

Se separó los residuos de pulpa de la semilla y se enjuagó con poca cantidad de agua la semilla. Ubicando las semillas en papel absorbente se procedió colocarlas al sol para eliminar el exceso de agua. Cumpliendo el proceso de enjuague y secado, se seleccionó las semillas por la ponderación absoluta de tamaño, textura y forma; llegando a seleccionar semillas grandes, lisas y sin ninguna deformación en su contorno.

2.3.4 Desinfección de la semilla

En un recipiente amplio donde quepan todas las semillas, se roció alcohol en todas las semillas con atomizadores, procurando que todas queden roseadas por el alcohol. Se selló este recipiente y dejaremos descansar por 24 horas, para poderlas utilizar en el ensayo.

2.3.5 Metodología para los tratamientos

Tratamiento 1: Ácido sulfúrico 5%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Sulfúrico al 5%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 2: Ácido sulfúrico 10%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Sulfúrico al 10%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 3: Ácido sulfúrico 15%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Sulfúrico al 15%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 4: Ácido sulfúrico 20%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Sulfúrico al 20%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 5: Ácido nítrico 5%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Nítrico al 5%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 6: Ácido nítrico 10%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Nítrico al 10%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 7: Ácido nítrico 15%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Nítrico al 15%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 8: Ácido nítrico 20%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Nítrico al 20%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 9: Ácido fosfórico 5%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Fosfórico al 5%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

Tratamiento 10: Ácido fosfórico 10%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Fosfórico al 10%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación

Tratamiento 11: Ácido fosfórico 15%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Fosfórico al 15%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación

Tratamiento 12: Ácido fosfórico 20%

En un recipiente de 1 litro se colocan 200 cc de Ácido Fosfórico al 20%. Una vez ubicado el ácido se sumergen 30 semillas de tamarindo. Las semillas estuvieron en remojo durante 20 minutos. Concluido el tiempo de inmersión de la semilla, se procedió a retirarlas y enjuagarlas durante 4 minutos, luego se colocaron en su debida cama de germinación.

2.3.6 Cambio de cama

Se efectuó el cambio de cama cada 4 días, para evitar que se prolifere algún agente patógeno y pueda incidir en el desarrollo del ensayo, además se procuró que el papel no sea toxico o posea aromatizantes y sea de lo suficientemente gruesa para evitar que se deshaga en la manipulación.

2.3.7 Riego

Se realizó el riego pasando un día, durante los 20 días de lectura de datos, para humedecer la cama en forma de pulverizado fino, simulando una pequeña lluvia que por fenómeno de capilaridad descenderá hasta la semilla, entregando en diminutas cantidades el agua necesaria para el desarrollo durante la germinación.

2.4 Variables a analizar

2.4.1 Porcentaje de inhibición de semillas.

Se valoró la cantidad de porcentaje de semillas inhibidas en los diferentes tratamientos químicos durante el proceso el tiempo establecido de recolección de datos, con la fórmula definida por (Tomalá, 2015)

$$\%INH. = \frac{\#semilla . inhibida}{\#semilla . sembrada} \times 100$$

2.4.2 Porcentaje de pudrición de semillas.

Se calculó paulatinamente el porcentaje de descomposición de semillas durante el período evaluativo de 20 días, con la fórmula dispuesta por (Gómez, 2017)

$$\%PODR. = \frac{\#semilla . descompuesta}{\#semilla . sembrada} \times 100$$

2.4.3 Porcentaje de germinación de semillas.

Se evaluó periódicamente el porcentaje de semillas germinadas hasta cumplir los 20 días de edad, con la fórmula propuesta por (Gonzalez, 2020).

$$\%GERM. = \frac{\#semilla . emergida}{\#semilla . sembrada} \times 100$$

2.4.4 Porcentaje de sobrevivencia luego de la germinación.

Se determinó la cantidad de plántulas que sobrevivan hasta los 20 días después de iniciado el ensayo, con la formula determinada por (Gonzalez, 2020).

$$\%S. = \frac{\#semilla . viva}{\#semilla . sembrada} \times 100$$

2.5 Diseño experimental y tratamientos

2.6.1 Tratamientos

El experimento se efectuará bajo el diseño DCA, con arreglo factorial 4x3, se toma en cuenta que se utilizara 4 concentraciones de ácidos (5, 10, 15 y 20%), uno sin estos

compuestos que servirá de testigo, uno solo material de semilla y 3 ácidos (sulfúrico, nítrico y fosfórico), tal como se observa en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

MATERIAL VEGETAL: SEMILLAS DE TAMARINDO	
Tratamientos	Concentración ácido
AS1 (Ácido sulfúrico)	C1 5%, C2 10% , C3 15% y C4 20%
AN2 (Ácido nítrico)	
AF3 (Ácido fosfórico)	
Testigo (sin ácido)	C0 0%

Fuente: Ponce J, 2021

Tabla 2. Nomenclatura de tratamientos para la evaluación de escarificación química de semillas de tamarindo

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción
1	AS1C1	Ácido sulfúrico al 5%
2	AS1C2	Ácido sulfúrico al 10%
3	AS1C3	Ácido sulfúrico al 15%
4	AS1C4	Ácido sulfúrico al 20%
5	AN2C1	Ácido nítrico al 5%
6	AN2C2	Ácido nítrico al 10%
7	AN2C3	Ácido nítrico al 15%
8	AN2C4	Ácido nítrico al 20%
9	AF3C1	Ácido fosfórico al 5%
10	AF3C2	Ácido fosfórico al 10%
11	AF3C3	Ácido fosfórico al 15%
12	AF3C4	Ácido fosfórico al 20%
13	H2O	Testigo(sin acido)

Fuente: Ponce J, 2021

Tabla 3. Diseño experimental al azar número total de tratamientos

T1: AS1C1 (5%)	T5: AN2C1 (5%)	T9: AF3C1 (5%)	Testigo (sin ácido)
T2: AS1C2 (10%)	T6: AN2C2 (10%)	T10: AF3C2 (10%)	
T3: AS1C3 (15%)	T7: AN2C3 (15%)	T11: AF3C3 (15%)	
T4: AS1C4 (20%)	T8: AN2C4 (20%)	T12: AF3C4 (20%)	

Fuente: Ponce J, 2021

Tabla 4. Esquemas de posición de cada tratamiento y repeticiones

Nº	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
1	T1R4	T8R2	T12R1	T2R4	T12R2	T4R3
2	T7R2	T7R1	T7R3	T3R3	T9R4	T4R2
3	T5R4	T11R2	T11R1	T9R1	T4R4	T5R2
4	T9R2	T6R3	T6R1	T3R1	T1R3	T2R2
5	T2R1	T3R2	T11R4	T6R2	T6R4	T10R1
6	T11R3	T8R4	T12R4	T8R3	T8R1	T7R4
7	T2R3	T10R4	T10R2	T9R3	T10R3	T1R1
8	T3R4	T5R3	T4R1	T12R3	T1R2	T5R1

Fuente: Ponce J, 2021

2.6.2 Diseño experimental

El diseño experimental se manejará con 3 concentraciones y 3 ácidos (ácido nítrico, sulfúrico, fosfórico), con 4 repeticiones por cada tratamiento donde se incluye el testigo. Cada tratamiento cuenta con 4 repeticiones obteniendo un total 48 unidades experimentales dando este un bifactorial A*B+N.

2.6.3 Análisis estadístico

Los resultados del experimento serán sometidos al análisis de varianza con el 5% de probabilidad de error con la prueba de Duncan.

Tabla 4. Análisis de varianza para la evaluación de escarificación química en semillas de *Tamarindus indica* L.

FUENTE DE VARIANZA	GRADOS DE LIBERTAD
Repeticiones (r-1)	3
Tratamiento	12
Factor A (A-1)	2
Factor B (B-1)	3
AxB (A-1) (B-1)	6
Error Experimental (AxB-1) (r-1)	33
TOTAL	52

Fuente: Ponce J. 2021

2.6.4 Delineamiento experimental

a. Diseño experimental	DCA con arreglo factorial 4x3
b. Tratamientos	13
c. Repeticiones	4
d. Total de unidades experimentales	52
e. Número de semillas por unidad experimental	10
f. Número de recipientes por tratamiento	4
g. Total de semillas por tratamiento	40
h. Total de semillas del experimento	520

CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Porcentaje de pudrición

Dentro del análisis de varianza del porcentaje de pudrición como se muestra en la Tabla 5, evaluado hasta el día 20 posterior a la siembra donde se presentan las diferencias estadísticas significativas en p-valor $<0.0001\%$ de probabilidades para la fuente de variación. Donde se observa que no se presentaron diferencias estadísticas significativas para los factores concentraciones y ácidos por concentraciones, excepto para el factor ácidos y testigo vs el resto donde hubo diferencias significativas. En esta variable se obtuvo un coeficiente de variación alto de 30.27 debido posiblemente al alto número de semillas infestadas por patógenos.

Tabla 5 Análisis de varianza para la variable porcentaje de pudrición en semilla de tamarindo evaluada a los 20 días posteriores a la siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	2012,31	12	167,69	6,42	<0.0001
Ácidos	278	2	139	5,29	0,0097
Concentraciones	63,4	3	21,13	0,8	0,4999
Ácidos *					
Concentraciones	128,67	6	21,44	0,82	0,5648
Testigo VS Resto	1542,24	1	1542,24	59,02181	<0.0001
Error	1019	39	26,13		
Total	3031,31	51			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% De pudrición	52	0,66	0,56	30,27	

Fuente: Ponce J, 2021

En la figura 2 se presenta los resultados del factor A (Ácidos) donde se observa que el mayor porcentaje de pudrición con un valor de 19%, se obtuvo en la semilla cuando se la sometió en ácido fosfórico, así también con el ácido sulfúrico y nítrico en menor porcentaje con valores de 15 y 13% de pudrición en la semilla de tamarindo.

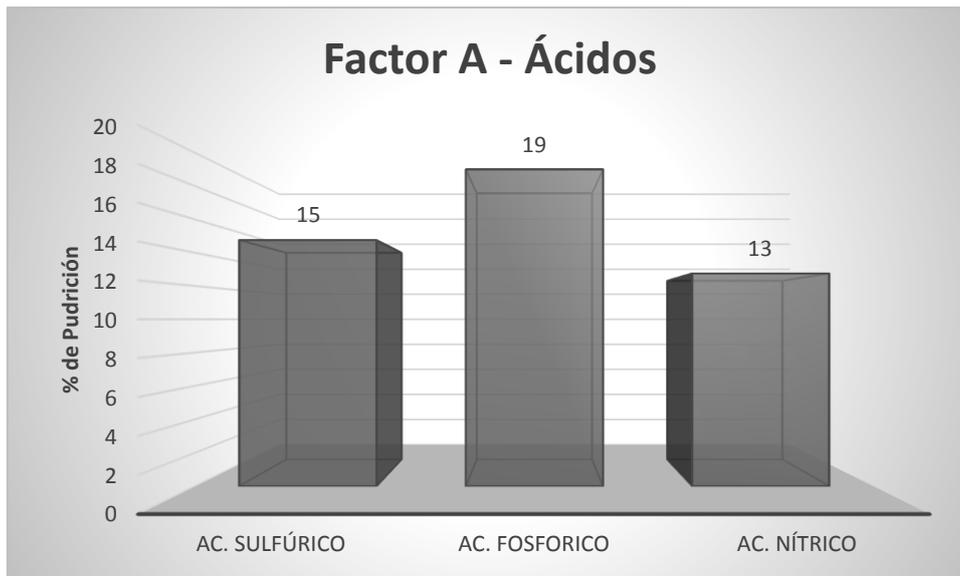


Figura 2. Diferencias significativa en el Factor A (Ácidos) – de la variable de Porcentaje de pudrición de semillas, evaluada a los 20 días después de la siembra.

En lo que respecta la figura 3, cuando se evaluó la misma variable para Testigo vs Resto los resultados nos muestran que el mayor porcentaje de pudrición lo obtuvo el testigo con 32,5%, mientras que los tratamientos que fueron sometidos a la interacción de los diferentes tipos de ácidos por concentraciones, también se pudrieron pero en menor porcentaje con valores de 16,66; 16,33; 15,33; 13,66 % respectivamente para T1, T2, T3, T4.

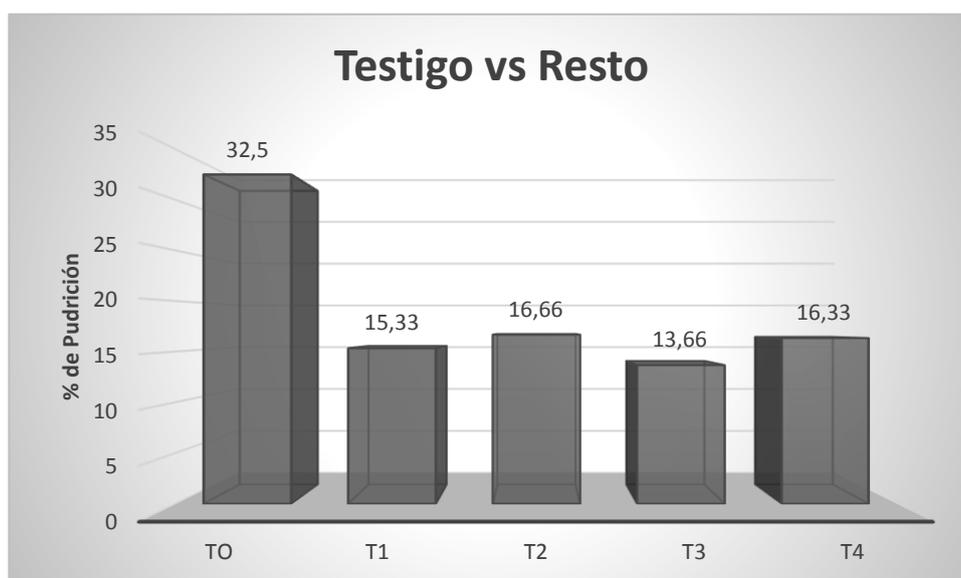


Figura 3. Porcentaje de pudrición en las semillas de tamarindo referente al Factor Testigo vs Resto, evaluado a los 20 días posterior a la siembra.

El alto porcentaje de pudrición que presento el testigo (T0), se debe posiblemente al método de desinfección de la semilla y también, debido a que la semilla no era certificada lo que ocasiono daños por patógenos. En cuanto a los métodos de escarificación Maldonado (2015) en desacuerdo con lo manifestado en la figura 2, menciona que un método de escarificación química de manera efectiva es por medio del ácido nítrico, mientras que el presente estudio el más efectivo fue a través del ácido fosfórico, debido a que es eficiente en la eliminación de organismos patógenos gracias a la acción del fósforo.

3.2 Porcentaje de Inhibición

Tabla 6 Análisis de varianza para la variable porcentaje de inhibición en semilla de *Tamarindus indica* L. evaluados a los 20 días posteriores a la siembra.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	5159,31	12	429,94	3,77	0,0008
Ácidos	2030,54	2	1015,27	8,39	0,001
Concentraciones	128,9	3	42,97	0,35	0,7858
Ácidos*Concentraciones	100,79	6	16,8	0,14	0,9901
Testigo VS Resto	2899,08	1	2899,08	25,42	<0.0001
Error	4448	39	114,05		
Total	9607,31	51			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% De inhibición	52	0,54	0,39	15,02	

Fuente: Ponce J, 2021.

Dentro del análisis de varianza del porcentaje de inhibición como se detalla en la tabla 6, evaluado hasta el día 20 posterior a la siembra se presenta las diferencias estadísticas significativas en p-valor 0.0008% de probabilidades para la fuente de variación, excepto en concentraciones y ácidos por concentraciones donde no hubo diferencia significativa. En esta variable se obtuvo un coeficiente de variación alto de 15,02 debido a la inoculación del ácido fosfórico sobre las semillas.

En la figura 4 se presenta los resultados del factor A (Ácidos) donde se observa que el mayor porcentaje de inhibición con un valor del 80,75%, se obtuvo en la semilla cuando se la sometió en ácido fosfórico, así también con el ácido sulfúrico y nítrico en menor porcentaje con valores de 75,25 y 64,75% de inhibición en la semilla de tamarindo.

Cuando se evaluó la misma variable para Testigo vs Resto los resultados nos muestran que el mayor porcentaje de pudrición se obtuvo en el tratamiento 3 con 75,66%, a su vez los tratamientos 1, 2, 4 tuvieron similar acción con 74,33; 72,33; 72% respectivamente, mientras que el testigo obtuvo una ponderación baja con el 42,5% de inhibición en las semillas.

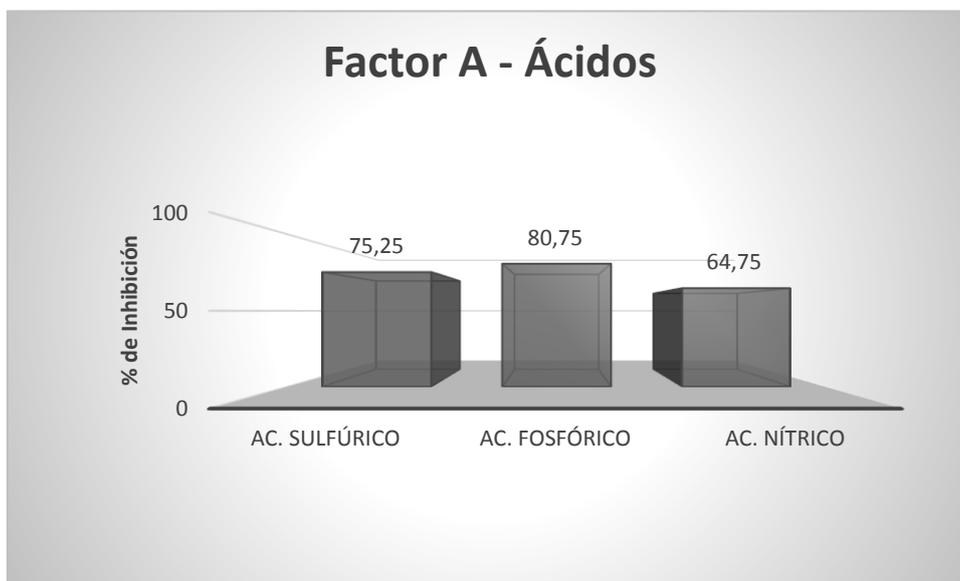


Figura 4. Diferencias significativa en el Factor A (Ácidos) – de la variable de Porcentaje de inhibición de semillas, evaluada a los 20 días después de la siembra.

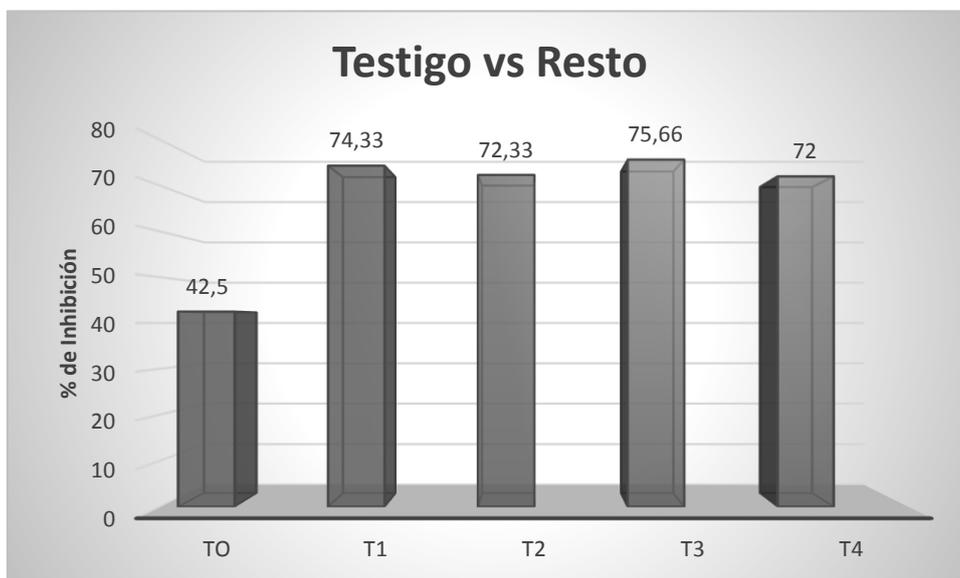


Figura 5. Porcentaje de inhibición en las semillas de tamarindo referente al Factor Testigo vs Resto, evaluado a los 20 días posterior a la siembra.

Pichel (2015) concuerda con lo antes obtenido, cuando argumenta que el ácido fosfórico actúa en la degradación del factor transcripcional lo que significa que mantiene a la

semilla en el estado de dormancia es decir, provoca que su proceso de germinación se retrase presentando altos porcentajes inhibición.

3.3 Porcentaje de Germinación.

Tabla 7 Análisis de varianza para el variable porcentaje de germinación en semilla de *Tamarindus indica* L. evaluados a los 20 días posteriores a la siembra.

F.V.		SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos		4728,92	12	394,08	5,32	<0.0001
Ácidos		2266,54	2	1133,27	14,75	<0.0001
Concentraciones		47,4	3	15,8	0,21	0,8919
Ácidos*concentraciones		80,29	6	13,38	0,17	0,9821
Testigo VS resto		2334,69	1	2334,69	31,51	<0.0001
Error		2889,75	39	74,1		
Total		7618,67	51			

Variable	N	R²	R² Aj	CV
% de germinación	52	0,62	0,5	12,71

Fuente: Ponce J, 2021.

Dentro del análisis de varianza del porcentaje de germinación como se visualiza en la tabla 7, evaluado hasta el día 20 posterior a la siembra donde se presenta las diferencias estadísticas significativas de p-valor <0,0001% de probabilidades para la fuente de variación, excepto en concentraciones y ácidos por concentraciones donde no hubo diferencia significativa. En esta variable se obtuvo un coeficiente de variación alto de 12,71 debido a la poca efectividad de escarificación de las concentraciones con respecto a las semillas.

En la figura 6 se presenta los resultados del factor A (Ácidos) donde se observa que el mayor porcentaje de germinación con un valor del 79%, se obtuvo en la semilla cuando se la sometió en ácido fosfórico, así también con el ácido sulfúrico y nítrico en menor porcentaje con valores de 69 y 62% de germinación en la semilla de tamarindo.

Cuando se evaluó la misma variable para el factor Testigo vs Resto los resultados nos muestran que el mayor porcentaje de germinación se obtuvo en el tratamiento 1 con 71,33%, de la misma forma el tratamiento 2 respondió con el 69,66% y el tratamiento 3 y 4 tuvieron igual acción con 69%, mientras que el testigo obtuvo una ponderación baja con el 40% de germinación en las semillas.

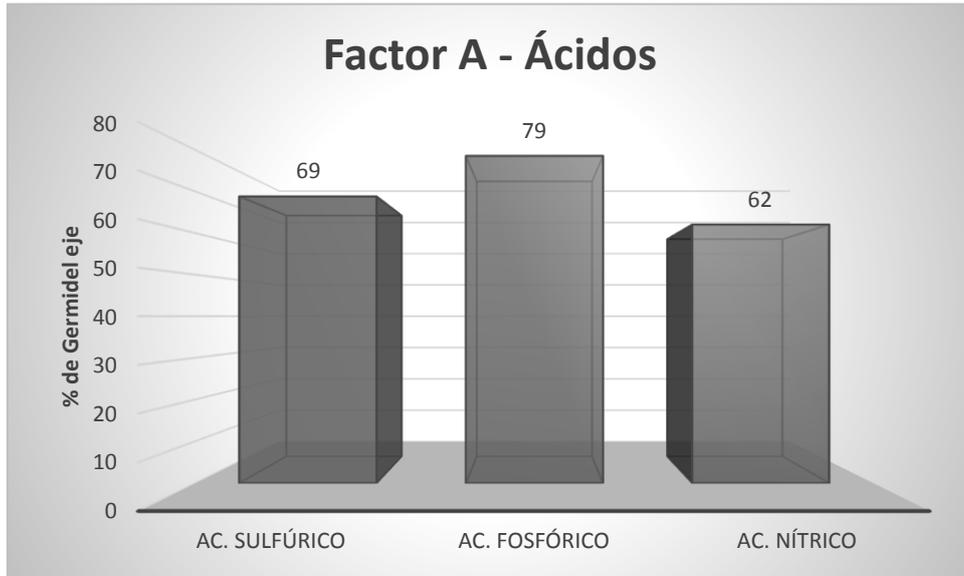


Figura 6. Porcentaje de Germinación de semillas en el Factor A (Ácidos), evaluado a los 20 días después de la siembra.

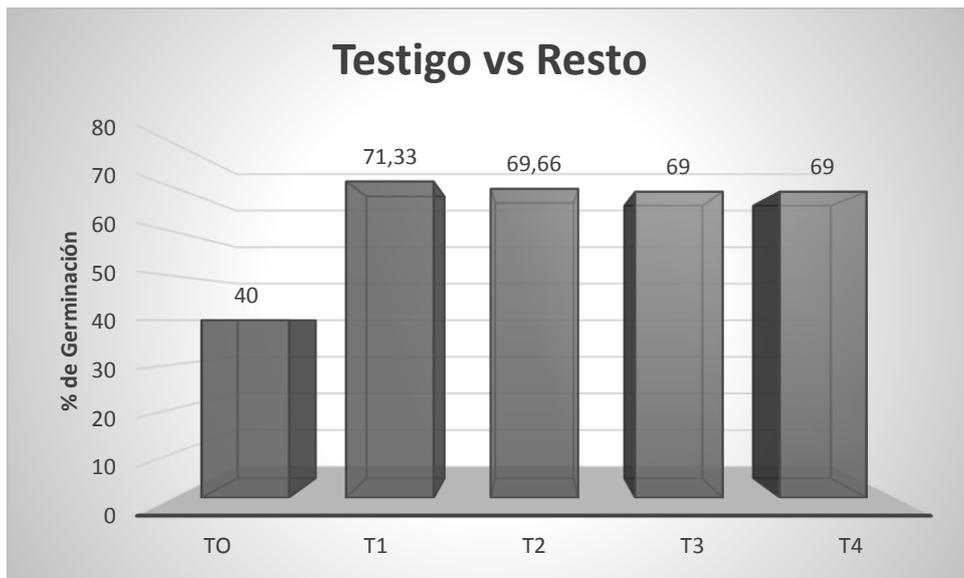


Figura 7. Porcentaje de germinación de las semillas de Testigo vs Resto, evaluado a los 20 días posterior a la siembra.

Vilchez (2016) no concuerda en su investigación realizada en Costa Rica donde manifiesta que la escarificación química con ácido sulfúrico tuvo resultados relativamente muy bajos con un 22% de germinación realizado con una concentración al 20%.

La concentración de ciertos ácidos grasos sirven como reserva para el alimento del embrión y el futuro desarrollo de la plántula como manifiesta (Guerrero, 2016) de la

misma forma este método de escarificación química acelera el proceso germinativo de la semilla debido a que la testa de la semilla queda floja según (FAO, 1964), lo que coincide con el estudio realizado y los datos obtenidos.

3.4 Porcentaje de Supervivencia.

Tabla 8. Análisis de varianza para la variable Porcentaje de Supervivencia en semilla de *Tamarindus indica* L. evaluados a los 20 días posteriores a la siembra.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	269,23	12	22,44	0,55	0,8698
Ácidos	54,17	2	27,08	0,65	0,5281
Concentraciones	166,67	3	55,56	1,33	0,2787
Ácidos*Concentraciones	45,83	6	7,64	0,18	0,9796
Testigo VS Resto	2,56	1	2,56	0,062393	<0,01
Error	1600	39	41,03		
Total	1869,23	51			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% De Supervivencia	52	0,14	0	6,8	

Fuente: Ponce J, 2021.

Dentro del análisis de varianza del porcentaje de supervivencia como se detalla en la tabla 8, evaluado hasta el día 20 posterior a la siembra donde no se presenta diferencias estadísticas significativas en p-valores de probabilidades para ninguno de los factores considerados en la fuente de variación. En esta variable se obtuvo un coeficiente de variación de 6,8 muy bueno en este caso.

En la figura 8 se presenta los resultados del factor A (Ácidos) donde se observa que el mayor porcentaje de supervivencia con un valor del 96%, se obtuvo en la semilla cuando se la sometió en ácido nítrico, casi de manera similar pero con menor porcentaje el ácido sulfúrico y fosfórico con valores de 94, 93% de supervivencia en la semilla de tamarindo.

Cuando se evaluó la misma variable para el factor Testigo vs Resto los resultados nos muestran que el mayor porcentaje de supervivencia se obtuvo en el tratamiento 4 con 97%, casi de manera similar reaccionaron los demás tratamientos 2, 1, 3 con porcentajes menores de 95; 93,5; 91,6%, y sin menospreciar al testigo que obtuvo un porcentaje considerable de 95% de supervivencia en las semillas de tamarindo.

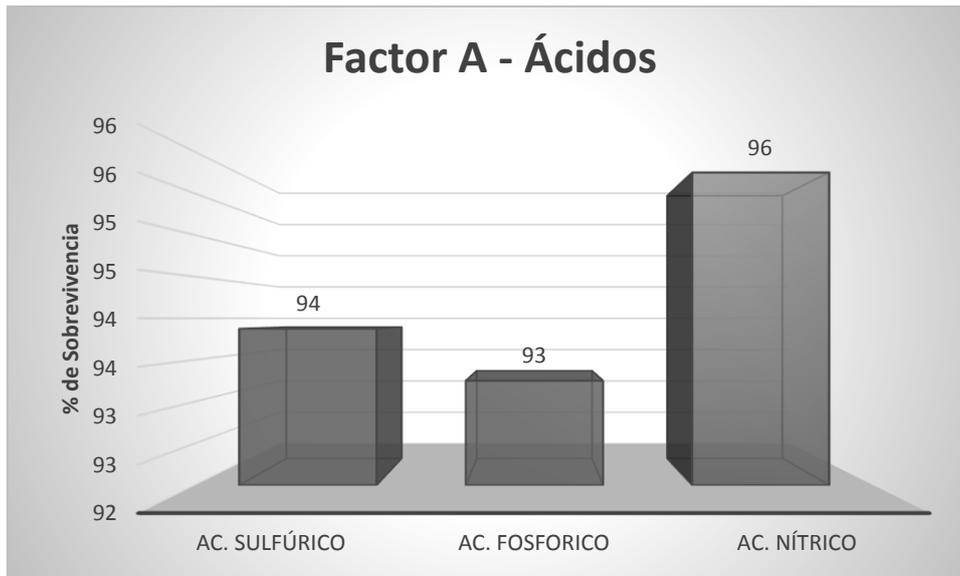


Figura 8. Diferencias significativa en el Factor A (Ácidos) – de la variable de Porcentaje de sobrevivencia de semillas, evaluada a los 20 días después de la siembra.

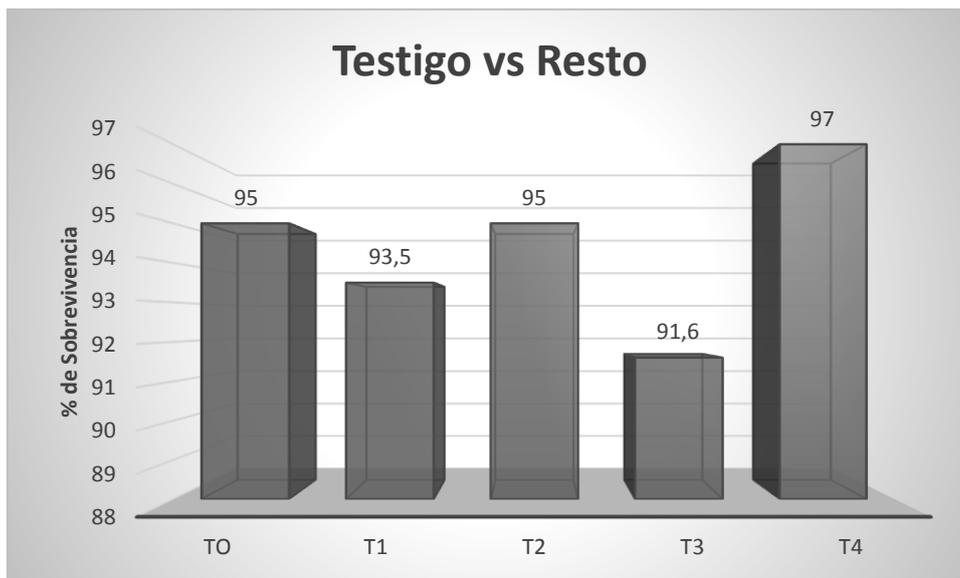


Figura 9. Porcentaje de sobrevivencia en las semillas de tamarindo referente al Factor Testigo vs Resto, evaluado a los 20 días posterior a la siembra.

Mediante ensayos deducen que ácido fosfórico actúa como benefactor al sistema de defensa de la semilla, pues este no inhibe a la proliferación de agentes patógenos como hongos y bacterias lo cual no concuerda con Tuset et al. (2003) en el ensayo realizado, sin embargo la concentración del ácido utilizado fue bajo comparado con otro ensayos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las semillas de tamarindo sometidas a las diferentes concentraciones de ácido sulfúrico, nítrico y fosfórico resultaron con el mayor porcentaje de germinación en las concentraciones 1, 2, 3 y 4 con los valores de 71,33; 69,66; 69; 69%.
- Cuando las semillas fueron sometidas a las diferentes concentraciones de los ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico, se observó una óptima estimulación con el ácido fosfórico cuando se utilizó la concentración al 5% cuyo resultado fue una germinación de 71,33% en las semillas de tamarindo, en comparación con el testigo donde se obtuvo una germinación de 40%.

RECOMENDACIONES

- Es necesario utilizar guantes para la manipulación de los ácidos, y para la manipulación de las semillas en el transcurso del ensayo.
- Se recomienda utilizar mascarillas, y lentes protectores.
- Se sugiere la elaboración de planillas para el almacenamiento diario de datos.
- Se recomienda utilizar recipientes sellados herméticamente para prevenir la entrada de agentes patógenos que interfieran con el desarrollo del ensayo.
- Se invita hacer el cambio de cama de los recipientes de germinación cada 4 días, para evitar la proliferación de hongos y bacterias.
- Se propone hacer el riego con agua destilada para evitar los microorganismos maléficos provenientes de otros tipos de agua.
- Cuando se vuelva hacer este trabajo hay que ampliar el rango de las concentraciones de los ácidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Chávez, N. (2013) Germinación de tamarindo. Facultad de agronomía USAC

Gómez Matías, A. D., 2017. *Repositorio UPSE*. [En línea]

Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3991/1/UPSE-TIA-2017-039.pdf>

[Último acceso: 30 mayo 2021].

Antonio, J., 2015. *Agromática*. [En línea]

Available at: <https://www.agromatica.es/el-acido-fosforico-en-la-agricultura-moderna/>

[Último acceso: 16 Junio 2021].

Censos, I. N. d. E., 2012. [En línea]

Available at:

https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_agricola.php?id=01399.99.04

CONAFRUT, 1999. *El Cultivo de Tamarindo, Aspectos de la Producción, Post Cosecha, Industrialización y Comercialización*, Piura: MINAG-INIA.

Delgado, E., 2016. *Los estándares de calidad en la producción de tamarindo y la apertura en el mercado internacional de Turquía.*, Portoviejo: Universidad de San Gregorio de Portoviejo.

El-Siddig, K., 2006. Tamarind: *Tamarindus Indica L (Vol. 1). Crops for the Future.*

FAO, 1964. *FAO*. [En línea]

Available at: <http://www.fao.org/3/ad232s/ad232s10.htm>

[Último acceso: 15 Junio 2021].

Galarza Hidalgo, E. A., 2019. *Aprovechamiento de la fruta de tamarindo (Tamarindus indica L.), para la elaboración de dulce y su caracterización*. Ambato-Ecuador: s.n.

Gonzalez Montenegro, C. E., 2020. *Repositorio UPSE*. [En línea]

Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5691/1/UPSE-TIA-2021-0010.pdf>

[Último acceso: 20 Mayo 2021].

Gonzalez, M., 1984. *Propagación de Tamarindo en el Valle de Tecomán.*, Colima: Universidad de Guadalajara.

Guerrero, M., 2016. La germinación de *Sesbania emerus* (Fabaceae): efecto de la inmersión en ácido sulfúrico. *Biología Tropical*, 42(3).

International Speed Testing Association (ISTA), 2019. *Reglas Internacionales para el Ensayo de Semillas*, s.l.: Ministerio de Agricultura.

Jiménez, E., 2004. Sistema de Escarificación de Semillas de Tagua (*Phytelephas aecuatorialis*) para mejorar la germinación.. *Revista Tecnológica. Vol. 17 No 1.*, pp. 46-54..

- Maldonado Arciniegas, F. J., 2015. Evaluacion de la germinacion de semillas *Vachellia macracantha* usando metodos de escarificacion. *Universidad San Francisco de Quito*, p. 56.
- Maldonado, F. J., 2015. *Repositorio de la Universidad Francisco de Quito*. [En línea] Available at: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5030/1/122499.pdf> [Último acceso: 15 Junio 2021].
- Martinello, F. y otros, 2005. Hypolipemic and antioxidant activities from *Tamarindus indica* L. pulp fruit extract in hypercholesterolemic hamsters.. *Food and Chemical Toxicology*, pp. 44 (6): 810-818.
- Montes, G., José, G., Maria, D. & Hector, S., 2006. *¿Conocemos al tamarindo? Tamarindus indica L., una planta de usos multiples. Su propagación y micropropagación.*, Santa Ana: Universidad de Costa Rica.
- Mora, F., Sanchez, J. & Mendez, J., 2016. *Química y Organoléptica del néctar de tamarindo.*, Portoviejo: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
- Moreno, P., 2012. *Exportacion de pulpa; Tamarindo; Mercado Colombiano*, Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Olivares, S., 2015. *Determinacion de parametros adecuados para la obtencion de nectar a partir del tamarindo.*, Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Parrotta, J., 1990. *Tamarindus indica L.*, New Orleans: Southern Forest Experiment Station.
- Paute, A. & Guamán, M., 2016. *Optimización de la extracción de antioxidantes en*. Loja : Universidad técnica particular de Loja, Ecuador..
- Pérez Ramírez, E. & Alvarado Bárcenas, D., 2012. *Aprovechamiento integral de la vaina del tamarindo (Tamarindus indica L.)*. s.l.:s.n.
- Pérez, F., 2016. *Establecimiento del Cultivo In Vitro de Tamarindus Indica L. para la obtencion de antioxidantes.*, Toluca: Universidad Autonoma del Estado de Mexico.
- Pichel, J. A., 2015. *Phytoma*. [En línea] Available at: <https://www.phytoma.com/noticias/noticias-de-actualidad/eloxido-nitrico-es-clave-para-la-germinacion-de-las-semillas> [Último acceso: 16 Junio 2021].
- Ramirez, I., 2019. *Evaluacion de semillas de tamarindo como coagulante para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas, en relacion a un coagulante comercial.*, Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca.
- Romero, E., 2011. *Diseño de planta para la elaboracion de caramelos a base de tamarindo*, Quito: Quito: Universidad de las Americas.
- Sanabria, D., Silva, R., Oliveros, M. & Barrios, R., 2001. Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Redalyc*, p. 9.
- Sánchez Guerrero, R. y otros, 2012. *“Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000”*. s.l.:s.n.

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: 30 Mayo 2021].

Tuset, J., LaPeña, I. & Garcia, M., 2003. Efecto fungitóxico del ácido fosforoso en naranjo dulce a la infección con zoosporas de *Phytophthora citrophthora*. *España Puede*, Volumen 29, pp. 413-420.

Vilchez, B., 2016. *Germinacion y crecimiento de plantulas de tamarindo*, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Zhao , Y., Yang , S. & Li, K., 2005. Compressive utilization of *Tamarindus indica* Linn.. *Chemistry & Industry of Forest Products*..

ANEXOS



Figura. 1A Recolección de semillas de tamarindo.



Figura. 2A Construcción de mesas de Germinación.



Figura. 3A Separación de la semilla del material orgánico.

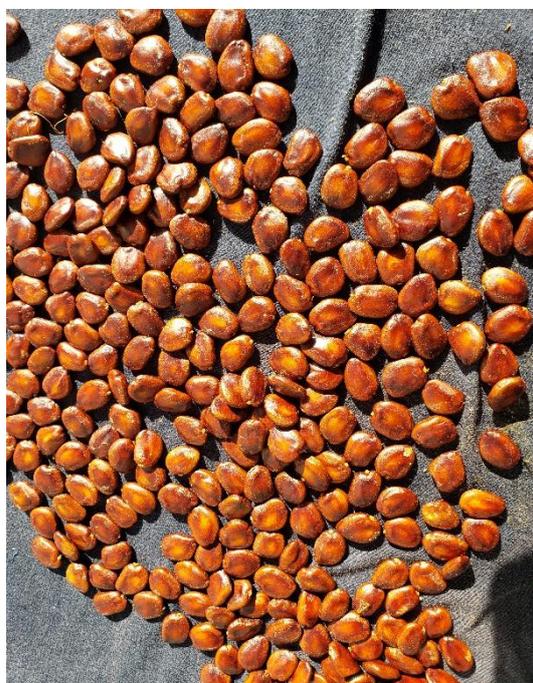


Figura. 4A Exposición de la semilla al sol por 3 horas.



Figura. 5A Confinamiento de la semilla, para evitar el ingreso de microorganismos.



Figura. 6A Elaboración del sustrato.



Figura. 7A Obtención de la medida de la semilla.



Figura. 8A Peso de 100 semillas.



Figura. 9A Peso de los diferentes ácidos (Nítrico, Sulfúrico, Fosfórico).



Figura. 10A Inoculación de las semillas al ácido por tiempo controlado.



Figura. 11A Preparación de las camas de germinación.



Figura. 12A Clasificación de los bloques de germinación.



Figura. 13A Cubrimiento de las camas con material oscuro, para acelerar el proceso germinativo elevando la temperatura.



Figura. 14A Destapar bandejas para la oxigenación de las camas germinativas.



Figura. 15A Paso del proceso de inhibición a germinación de las semillas de tamarindos.



Figura. 16A Medición de la radícula.



Figura. 17A Llenado de vasos para el trasplante de las plántulas.

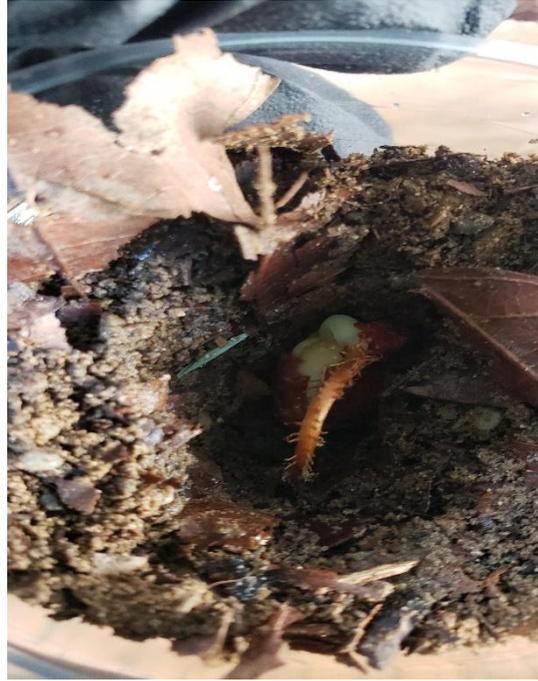


Figura. 18A Trasplante de las plántulas de tamarindo.