



**Determinación de los rangos de conductividad eléctrica en semillas de Teca (*Tectona grandis*) para el análisis del poder germinativo en el Equipo SAD 9000 S**

Rivera Cajas, Diana Carolina

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro, Ph. D

06 agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **Determinación de los rangos de conductividad eléctrica en semillas de Teca (*Tectona grandis*) para el análisis del poder germinativo en el Equipo SAD 9000 S** fue realizado por la señorita **Rivera Cajas, Diana Carolina**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 06 agosto del 2022



Firmado electrónicamente por:  
**PATRICIO  
ALEJANDRO PEREZ  
GUERRERO**

.....  
Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro, Ph. D.

C.C.: 1802941011



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Rivera Cajas, Diana Carolina**, con cédula No. **1727018937** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Determinación de los rangos de conductividad eléctrica en semillas de Teca (*Tectona grandis*) paara el análisis del poder germinativo en el Equipo SAD 9000 S”** es de mi autoría y responsabilidad, cumplimiento con los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas.

Sangolquí, 05 agosto del 2022

**Rivera Cajas, Diana Carolina**

CC:1727018937



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Rivera Cajas Diana Carolina**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Determinación de los rangos de conductividad eléctrica en semillas de Teca (*Tectona grandis*) para el análisis del poder germinativo en el Equipo SAD 9000 S”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 05 agosto del 2022

**Rivera Cajas, Diana Carolina**

CC:1727018937

**Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos****Rivera Diana Informe final trabajo de titulación.docx**

Scanned on: 19:59 August 5, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	116
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Omitted Words	1477



firmado electrónicamente por:  
PATRICIO  
ALEJANDRO PEREZ  
GUERRERO

Ing. Pérez Guerrero, Patricio Alejandro, Ph. D.

C.C: 1802941011

### Dedicatoria

*Dedico este trabajo de titulación a Dios por brindarme la fortaleza y nunca abandonarme durante este arduo camino, además de haberme dado salud para lograr mis objetivos con su inmensa bondad y amor.*

*A mis amados padres Wilson y Beatriz quienes han sido el cimiento para la construcción de todas mis metas, quienes han sabido formarme con valores, motivación y por brindarme grandiosos consejos, además, de su incondicional apoyo económico y emocional a lo largo de mi vida estudiantil ya que han sabido ser el sustento fundamental para culminar mi carrera.*

*A mis hermanos Erick y Melissa quienes me han sabido acompañar en momentos difíciles y han sabido brindarme todo su apoyo cuando lo he necesitado, les agradezco infinitamente por los momentos compartidos.*

*A mi persona favorita Christian Daniel, por su amor incondicional, apoyo y comprensión durante todos estos años, además de siempre tener las palabras correctas y de aliento para no desfallecer, por siempre estar junto a mi cuando más lo he necesitado, le agradezco su tiempo, paciencia y cariño infinito.*

## Agradecimiento

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por permitirme formarme en sus aulas y a todos aquellos profesionales que supieron impartirme sus conocimientos y que de manera directa o indirecta han sabido aportar en mi crecimiento profesional.

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I que más que ser un lugar de conocimiento ha sido como un hogar con una gran familia formado por excelentes docentes y grandes compañeros quienes llevo en mi corazón por todo el conocimiento compartido. Infinitas gracias.

A mi tutor de tesis el Dr. Patricio Pérez Guerrero, porque desde el primer momento ha sabido brindarme su apoyo incondicional, además de compartir todo su conocimiento y ayuda inmediata, ha sabido ser un gran profesional, lo considero uno de los mejores docentes de la carrera y un gran amigo al cual le agradezco por su paciencia, dedicación y esmero.

A mi tutor empresarial en la Agencia de Regulación y control Fito y Zoosanitario AGROCALIDAD, Laboratorio de semillas, el Ing. Diego Arias quien ha sabido brindarme los conocimientos necesarios para culminar con éxito el proyecto de investigación, además de tener infinita paciencia, profesionalismo y gran compañerismo.

Mi agradecimiento también va dirigido a la empresa "Profafor" por confiar en la investigación y aportar con muestras de semillas de Teca (*Tectona grandis*) brindándome la oportunidad de obtener mayores conocimientos en este cultivo de importancia económica dentro de las especies forestales.

A mis amigas Pamela, Paulina y Janeth quienes les agradezco por su compañerismo, apoyo moral y mutuo que nos hemos brindado durante todos estos años, han sido fuente de soporte para afrontar momentos difíciles, así como momentos de alegría durante toda la carrera universitaria.

## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Responsabilidad de autoría.....	3
Autorización de publicación.....	4
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen .....	14
Abstract .....	15
Capítulo I.....	16
Introducción.....	16
Antecedentes .....	16
Justificación .....	17
Objetivos .....	18
Objetivo General .....	18
Objetivos Específicos .....	18



Hipótesis .....	19
Capítulo II.....	20
Marco referencial .....	20
Semilla .....	20
Partes de la semilla .....	20
Embrión .....	20
Envueltas seminales .....	21
Tejido de almacenamiento de alimento .....	21
Tamaño de la semilla .....	22
Germinación .....	22
Proceso de germinación de la semilla.....	22
Absorción o inhibición .....	22
Activación .....	23
Elongación .....	23
Cultivo de teca ( <i>Tectona grandis</i> ) .....	24
Teca ( <i>Tectona grandis</i> ) .....	24
Taxonomía de la teca ( <i>Tectona grandis</i> ) .....	24
Fisiología de la semilla de Teca ( <i>Tectona grandis</i> ) .....	25
Porcentaje de germinación de las semillas de teca ( <i>Tectona grandis</i> ).....	25
Latencia .....	26
Proceso de escarificación .....	26
Lijado .....	26

	10
Escarificación química .....	26
Frio o Prechill.....	27
Analizador automático de semillas SAD 9000-S.....	27
Capítulo III.....	28
Metodología .....	28
Ubicación del área de investigación .....	28
Prueba de germinación estándar o tradicional.....	28
Recolección de la muestra .....	29
Análisis de pureza y homogenización .....	29
Proceso de escarificación para las semillas recogidas en campo.....	29
Proceso de germinación de las semillas almacenadas y certificadas .....	31
Determinación del porcentaje germinativo por el método tradicional .....	31
Ecuación del porcentaje de germinación para el método tradicional o estándar.....	32
Prueba de germinación por el Equipo SAD 9000 S.....	32
Agua implementada en el proyecto .....	32
Colocación del agua desionizada en el Equipo SAD 9000 S .....	33
Colocación de las semillas y proceso de lixiviación en el Equipo SAD 9000 S .....	34
Medición de la conductividad eléctrica con el Equipo SAD 9000 S.....	35
Determinación del rango óptimo de conductividad eléctrica con el Equipo SAD 9000 S .....	36
Comparación de medias .....	36
Capítulo IV .....	37
Resultados y Discusión.....	37
Porcentaje de germinación por el método tradicional .....	37

Porcentaje germinativo por el equipo SAD 9000 S .....	39
Método de comparación de medias .....	47
Índice de relación entre el porcentaje de germinación por el método tradicional y el Equipo SAD 9000S .....	48
Capítulo V .....	49
Conclusiones y Recomendaciones .....	49
Conclusiones.....	49
Recomendaciones .....	50
Bibliografía.....	51

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Cantidad de semillas germinadas por el método tradicional a los 28 días .....	37
<b>Tabla 2</b> Porcentaje de germinación de las semillas de Teca ( <i>T. grandis</i> ) por el método tradicional o estándar .....	38
<b>Tabla 3</b> Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 1 Calope-La Mana .....	40
<b>Tabla 4</b> Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 2 Babahoyo .....	41
<b>Tabla 5</b> Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 3 Quevedo .....	42
<b>Tabla 6</b> Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 4 El Vergel Valencia.....	43
<b>Tabla 7</b> Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 5 Agrocalidad .....	44
<b>Tabla 8</b> Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 6 Profafor .....	45
<b>Tabla 9</b> Tabla de frecuencia de predicción para la obtención de los valores de corte en el cultivo de teca ( <i>T. grandis</i> ) .....	46
<b>Tabla 10</b> Datos de las medias del método tradicional o estándar y del equipo SAD 9000 S .....	47

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Partes que conforman la semilla.....	21
<b>Figura 2</b> Proceso germinativo de una semilla .....	23
<b>Figura 3</b> Fisiología de las semillas de Teca ( <i>Tectona grandis</i> ) en diferentes etapas de desarrollo .....	25
<b>Figura 4</b> Desinfección de materiales y equipo de trabajo .....	28
<b>Figura 5</b> Proceso de escarificación en las semillas de teca ( <i>T. grandis</i> ) recogidas en campo .....	30
<b>Figura 6</b> Siembra de las semillas en papel germinativo .....	30
<b>Figura 7</b> Proceso de siembra para semillas certificadas.....	31
<b>Figura 8</b> Valor de la conductividad eléctrica del agua implementada en la investigación .....	33
<b>Figura 9</b> Distribución del agua desionizada en el Equipo SAD 9000 S .....	34
<b>Figura 10</b> Proceso de lixiviación de las semillas de Teca ( <i>Tectona grandis</i> ) .....	35
<b>Figura 11</b> Manejo del equipo SAD 9000 S en el laboratorio de semillas de AGROCALIDAD.....	35
<b>Figura 12</b> Plántulas de teca ( <i>T. grandis</i> ) fisiológicamente normales .....	39
<b>Figura 13</b> Coeficiente de Determinación R2 .....	48

## Resumen

El Equipo SAD 9000 S es considerado una excelente alternativa en el área de la fisiología vegetal para la toma de decisiones en los procesos germinativos y control de calidad de las semillas. El propósito de este estudio fue establecer los rangos de conductividad eléctrica para el porcentaje germinativo de las semillas de Teca (*Tectona grandis*) en el Equipo SAD 9000 S y poder relacionar con el porcentaje germinativo obtenido por el método tradicional. Se realizó en dos fases: la primera fase por el método tradicional consistió en escarificar las semillas recogidas en campo mediante el retiro del capuchón, lijado y remojo por 24 horas en ácido giberélico de las diferentes muestras para luego ser sembradas, colocadas en Prechill por 5 días y luego ingresadas en la cámara germinadora por 28 días. Las semillas certificadas se dejaron en remojo por 24 horas en agua desionizada para luego ser sembradas en papel germinativo y colocadas en la cámara germinadora por 28 días. La segunda fase consistió en realizar el proceso de escarificación de las muestras y luego dejar en remojo por 24 horas en el Equipo SAD 9000 S para proceder a la lectura de los exudados de las semillas. En el análisis de correlación de tukey ( $p < 0,05$ ) se estableció que la media del porcentaje de germinación por el método tradicional fue del 53,33% mientras que el porcentaje de germinación por el Equipo SAD 9000 S es de 52,33% reflejando que no existe diferencia significativa en el resultado germinativo de ambos métodos. La tabla de frecuencias de predicción establecida por la metodología del equipo permitió determinar un valor óptimo para el cultivo de Teca de  $190 (\mu S/cm^{-1})$  ya que fue el valor que más se repitió durante las corridas realizadas con el equipo a los diferentes lotes. Por lo tanto, se concluye que se logró establecer el rango óptimo de conductividad eléctrica para el cultivo de Teca (*T. grandis*) relacionando el porcentaje germinativo del método tradicional con el Equipo SAD 9000 S.

**Palabras clave:** Semillas, cultivo de Teca (*T. grandis*), Equipo SAD 9000 S, porcentaje de germinación.

### Abstract

The SAD 9000 S equipment is considered an excellent alternative in the field of physiology plant for decision making in germination processes and seed quality control. The purpose of this study was to establish the ranges of electrical conductivity for the germination percentage of Teak seeds (*Tectona grandis*) in the team SAD 9000 S and to be able to relate to the germination percentage obtained by the traditional method. I know carried out in two phases: the first phase by the traditional method consisted of scarifying the seeds collected in the field by removing the cap, sanding and soaking for 24 hours in acid gibberellic from the different samples to later be sown, placed in Prechill for 5 days and then entered in the germinating chamber for 28 days. The certified seeds were left in soaked for 24 hours in deionized water and then sown on germinative paper and placed in the germinating chamber for 28 days. The second phase consisted of carrying out the process of scarification of the samples and then soak for 24 hours in the SAD 9000 S Equipment to proceed to the reading of the exudates of the seeds. In tukey's correlation analysis ( $p < 0,05$ ) it was established that the average percentage of germination by the traditional method was 53.33% while the percentage of germination by the SAD 9000 S Equipment is 52.33%, reflecting that there is no significant difference in the germination result of both methods. The table of prediction frequencies established by the team's methodology allowed to determine an optimal value for the cultivation of teak of  $190 (\mu S/cm^{-1})$  since it was the evaluate that was repeated the most during the runs carried out with the equipment to the different batches. Therefore, it is concluded that it was possible to establish the optimal range of electrical conductivity for teak cultivation (*T. grandis*) relating the percentage germination of the traditional method with the SAD 9000 S Equipment.

**Keywords:** Seeds, Teca cultivation (*T. grandis*), SAD 9000 S Equipment, germination percentage.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

La madera es un insumo no tradicional en constante crecimiento que se encuentra dentro de la canasta de rubros forestales ecuatorianos. Ecuador es un país viable para el desarrollo de especies madereras, siendo los productos principales de comercialización la teca (*Tectona grandis*) 11%, tableros contrachapados 11%, tableros aglomerados 25%, balsa en bloques 23%, papel 6,14%, listones de balsa 5% y chips de madera con el 1,92% (Rizzo, 2018). La exportación de teca presentó un incremento importante en los últimos años con el 52% en toneladas y 30% en valor, esta exportación permitió superar la caída de otros segmentos madereros como el MDF. La teca es un cultivo muy apetecible para el mercado internacional como la India, Japón y otros países del continente asiático por su alta resistencia, calidad y demanda. En los últimos 10 años a pesar de que el precio de las materias primas fue bajo, la exportación de madera tuvo un crecimiento del 12,9% en toneladas métricas (Quillupangui, 2016).

La principal forma de propagación de la teca es mediante semilla, que es el proceso más importante para el desarrollo adecuado de nuevas plantas (Pita & Perez, 2008). La calidad de la semilla es un factor esencial a considerar por parte de un agricultor que busca obtener volúmenes aprovechables de producción, existen pruebas tradicionales en campo y laboratorio para evaluar el proceso germinativo de las semillas, estos tienden a requerir mucho tiempo en reflejar el resultado provocando retrasos y molestias en los proyectos de los productores (Grijalva et al., 2003). La Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario AGROCALIDAD cuenta con el equipo analizador automático de semillas MiniLab SAD 9000-S, el cual permite obtener resultados de pruebas de germinación en menor tiempo ya que se basa en valores que refleja la conductividad eléctrica medida en los lixiviados



de las semillas, esta es una ventaja con relación a los métodos tradicionales de evaluación (Pantoja, 2018).

Algunos estudios realizados en el equipo SAD 9000-S para determinar el poder germinativo han reflejado los siguientes resultados: para el cultivo de tomate de árbol una cota superior de  $16 \mu S cm^{-1}$  y cota inferior de  $6 \mu S cm^{-1}$  con un porcentaje de germinación del 82% tanto en el método tradicional (ISTA 2013) como en el método de la conductividad eléctrica (Valdez, 2018). En el cultivo de arroz el rango óptimo de germinación es de ( $5 \mu S. cm^{-1}$  a  $20 \mu S. cm^{-1}$ ) y en el trigo de ( $10 \mu S. m^{-1}$  a  $50 \mu S. cm^{-1}$ ) con una correlación positiva de ( $r=0,98$ ) y ( $r=0,96$ ) respectivamente (Pantoja, 2018), sin embargo, hasta la actualidad no se han realizado estudios en especies forestales.

### **Justificación**

La función principal del laboratorio de semillas es receptor muestras hortícolas, ornamentales y forestales, provenientes de cualquier parte del país para evaluar las características físicas, fisiológicas, sanitarias y de calidad de un lote de semillas para otorgar un resultado que servirá como herramienta en la toma de decisiones (Arango & Gallo, 2020).

En Agrocalidad se utiliza el método tradicional establecido por el ISTA 2013 que es una guía de protocolos estandarizados, los cuales permite determinar la viabilidad y calidad de las semillas a nivel internacional. Estos lineamientos sugieren la utilización de papel germinativo, agua desionizada o desmineralizada, uso de la cámara germinadora con ajuste en temperatura y humedad dependiendo de la especie, además de otros implementos y procesos. Los resultados son reflejados en un tiempo de 30 a 60 días para especies forestales lo cual es considerado mucho tiempo e impide el desarrollo de proyectos, retrasa épocas de siembra, reprime permisos de comercialización, reduce la capacidad analítica del laboratorio y por consiguiente se vuelve menos eficiente.

El laboratorio de semillas de Agrocalidad en Tumbaco utiliza un método indirecto que implementa la conductividad eléctrica mediante el equipo SAD 9000-S para evaluar la calidad de las semillas y lograr relacionar este parámetro con el poder germinativo. El software del equipo determina el rango óptimo de cota superior e inferior obtenidos de la lectura de la conductividad eléctrica, ofreciendo estos valores en menos de 48 horas para el cultivo de Teca (*T. grandis*) lo que generalmente dura 30 días a más. Al ser validada la metodología del equipo para la semilla de Teca, este proporcionará resultados exactos y confiables que servirán de gran apoyo al trabajo que se realiza en el laboratorio, de esta manera se busca aumentar la capacidad analítica de esta entidad de regulación y control. La implementación del equipo MiniLab SAD 9000-S también permitirá reducir los desechos contaminantes que la metodología tradicional arroja en cada evaluación de semillas (Bonilla, 2017).

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Determinar el rango de conductividad eléctrica en semillas de teca (*T. grandis*) para el análisis del poder germinativo usando el equipo SAD 9000-S

### ***Objetivos Específicos***

- Establecer el porcentaje germinativo de las semillas de teca (*T. grandis*) mediante la metodología tradicional del laboratorio ISTA 2013
- Determinar el valor de corte o rango superior óptimo por medio de la conductividad eléctrica en el Equipo SAD 9000-S para semillas de Teca (*T. grandis*)
- Establecer la relación comparativa entre el porcentaje de germinación por el método tradicional y la metodología implementada en el equipo SAD 9000-S

**Hipótesis**

H0: El Equipo SAD 9000 S no puede determinar los porcentajes de germinación de las semillas de Teca (*T. grandis*) por medio de la conductividad eléctrica para relacionar con el porcentaje de germinación obtenidos por el método tradicional ISTA 2013

H1: El Equipo SAD 9000 S puede determinar los porcentajes de germinación de las semillas de Teca (*T. grandis*) por medio de la conductividad eléctrica para relacionar con el porcentaje de germinación obtenidos por el método tradicional ISTA 2013.

## Capítulo II

### Marco referencial

#### **Semilla**

La semilla es el ovulo maduro cuya función principal es multiplicar y perpetrar una especie ya que es considerada la unidad básica de reproducción sexual, además de ser aquella herramienta de dispersión en tiempo y espacio de un cultivo. A partir de la semilla se desarrollan nuevas plantas gimnospermas y angiospermas. La semilla es la unidad móvil de un cultivo que al ser trasladada a otro ambiente o microclima puede poblar y las plantas encontrar nuevos sitios reproductivos. La semilla es el inicio del proceso productivo por lo que es indispensable que sea de buena calidad y garantizar de esta manera buena respuesta a la siembra, plántulas vigorosas, altos rendimientos de emergencia y germinación, etc., por estos motivos la semilla debería ser considerada como el insumo estratégico sustentable de las actividades agrícolas (Doria, 2010).

#### **Partes de la semilla**

La semilla es la primera etapa para el desarrollo de una planta y consta de varias partes perfectamente protegidas que al ser sometida a condiciones adecuadas ocurre el proceso germinativo. Las partes de la semilla son:

#### ***Embrión***

El embrión es considerado una planta miniatura formado por un pequeño eje embrionario unido a dos lóbulos llamados cotiledones. El epicótilo es la parte que va por encima de los cotiledones y dará lugar a la formación de las hojas por medio del brote terminal. El hipocótilo o zona intermedia entre el tallo y la raíz se encuentra en la parte inferior de los cotiledones, una parte crecerá y formara la raíz y el otro extremo al crecer dará lugar al tallo (De La Cuadra , 1993).

### ***Envueltas seminales***

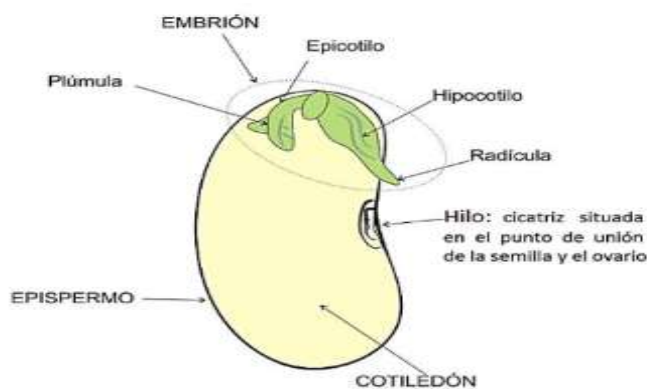
La función de las envueltas seminales es rodear y proteger la semilla de daños ambientales, permite regular el intercambio entre el exterior e interior de la semilla como por ejemplo eliminar las sustancias de desecho y permitir la absorción del agua. Los tipos de envueltas seminales son: permeables, duras, blandas, impermeables, mucilaginosas, envuelta embrionaria (cubre solo el embrión), etc., (De La Cuadra , 1993).

### ***Tejido de almacenamiento de alimento***

Las células del tejido de almacenamiento retienen sustancias nutritivas que serán requeridas para que el embrión pueda desarrollarse hasta completar su proceso y se convierta en una plántula, este tejido se lo conoce con el nombre de endospermo en las gramíneas mientras que en otras especies el tejido de almacenamiento se encuentra en los cotiledones. Las semillas contienen en su composición proteínas, hidratos de carbono y grasa (De La Cuadra , 1993).

### **Figura 1**

#### *Partes que conforman la semilla*



*Nota.* En el gráfico se ilustra las partes de la semilla dicotiledónea donde se muestra la plúmula que dará parte al tallo y la radícula que dará parte a la raíz, además de otras partes importantes de la semilla, tomado de (Torres, 2017)

### **Tamaño de la semilla**

Existe una gran variedad de tamaños y formas de las semillas, siendo unas extremadamente pequeñas como las semillas de orquídeas o algunas especies forestales y otras que sobrepasan los 10 gramos solo en tejido de reserva. Estas diferencias se relacionan a la variedad y a las necesidades regenerativas que tiene cada especie, crecimiento de las plantas, características del sitio como clima, suelo, historia filogenética, entre otras (Dalling, 2002).

### **Germinación**

Es un conjunto de diversos procesos que ocurren en la semilla desde el momento en que el embrión comienza a crecer hasta que se forma una pequeña plántula que posee la capacidad de vivir por sí misma, autónoma del alimento propio de la semilla que pueda poseer como reserva para subsistir (De La Cuadra , 1993).

### **Proceso de germinación de la semilla**

Para que una semilla cumpla su objetivo de reproducción es importante que el embrión se desarrolle, transforme en una plántula y que esta tenga la capacidad de sostenerse por sí misma. El proceso germinativo consta de tres fases que son:

#### ***Absorción o imbibición***

El proceso de imbibición consiste en la absorción de agua por parte de la semilla, este proceso ocurre gracias al potencial hídrico entre la solución de imbibición y la propia semilla. El proceso de absorción consta de cuatro fases muy marcadas que son: Absorción de agua para un incremento rápido, proceso germinativo que coincide con el de absorción de agua, movilización de nutrientes y fase de estabilización (Rizzo, 2018).

### Activación

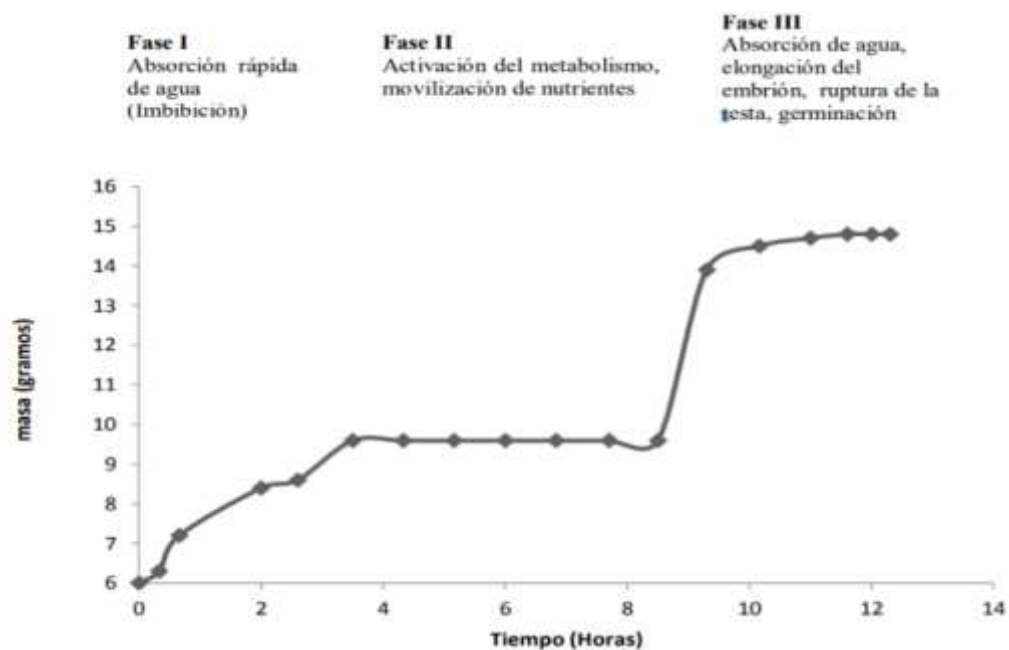
La activación consiste en el aceleramiento del metabolismo, transporte de alimento, síntesis de proteínas, actividades respiratorias, movilización de los nutrientes y sustancias de reserva. Para que el embrión pueda crecer la semilla libera enzimas digestivas que son absorbidas por el tejido y proporcionan al embrión capacidad de respiración y crecimiento (De La Cuadra , 1993).

### Elongación

La elongación consiste en la ruptura de la testa y extensión del embrión por donde se activa el crecimiento de la radícula dando lugar a la nueva plántula (Rizzo, 2018).

### Figura 2

*Proceso germinativo de una semilla*



*Nota.* En el gráfico se aprecia las tres fases que cumplen las semillas durante el proceso de germinación en un tiempo determinado, tomado de (De La Cuadra , 1993).

**Cultivo de teca (*Tectona grandis*)**

Ecuador es un país con condiciones locales y ambientales ideales para la producción del cultivo de teca que es una especie maderable muy interesante para los mercados nacionales e internacionales. El cultivo de Teca en el país se encuentra en constante crecimiento lo que le ha convertido en una especie de interés para los productores que se inclinan por la producción de especies forestales (Armijos, 2014).

**Teca (*Tectona grandis*)**

La teca es un cultivo de tipo maderable de importancia económica deseada a nivel mundial por su fuerza, durabilidad, atractivo, color, alta calidad, poco deterioro al contacto con líquidos, difícil deformación y facilidad de trabajo al igual que sus derivados. La producción de teca en el Ecuador es una actividad que continúa creciendo y su explotación brinda beneficios económicos al país (Armijos, 2014).

**Taxonomía de la teca (*Tectona grandis*)**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Verbenaceae

Género: *Tectona*

Especie: *T. grandis* L.



### **Fisiología de la semilla de Teca (*Tectona grandis*)**

Las semillas de teca fisiológicamente presentan varias capas que protegen al embrión de lesiones mecánicas, ingreso de patógenos, controla la humedad y restringe el ingreso de oxígeno. La capa externa de la semilla de Teca es tipo capuchón con el cáliz elongado que recubre las capas internas. La forma que presenta es subglobosa de 2 a 3 cm de diámetro, drupáceo ligeramente tetragonal de un tono verde claro que al madurar se torna de un color castaño. El exocarpo es subcarnoso delgado mientras que el endocarpo es fuerte y huesudo con 4 cavidades que contienen de 1 a 4 semillas oleaginosas, sin embargo, en la práctica se considera a toda la estructura como una sola semilla (Peña, 2005).

### **Figura 3**

*Fisiología de las semillas de Teca (*Tectona grandis*) en diferentes etapas de desarrollo*



*Nota.* En la figura se identifica semillas de Teca completas con el capuchón, seguido de una semilla con el exocarpo carnoso y luego una semilla con el endocarpo duro listo para la siembra.

### **Porcentaje de germinación de las semillas de teca (*Tectona grandis*)**

La producción de plantas de Teca a nivel de vivero ha logrado identificar que el porcentaje de germinación de (*Tectona grandis*) se establece en un rango del 40 al 70%, mientras que otros autores

expresan que se ha identificado un porcentaje de germinación del 20 al 80%, este porcentaje se ha conseguido en un tiempo de 28 a 30 días aproximadamente (Peña, 2005).

### **Latencia**

Las semillas de teca presentan latencia física que consiste en que la cubierta seminal o capas externas son impermeables o porosas y esto permite mantener al embrión viable con poca cantidad de humedad durante mucho tiempo, sin embargo, esta condición puede ser un factor negativo al momento de activar la semilla ya que puede retrasar el proceso de germinación si la latencia es fuerte e impide el proceso de imbibición o a su vez este es muy agresivo y el exceso de agua destruye el embrión y provoca la muerte de la semilla (Sanchez-Soto et al., 2017).

### **Proceso de escarificación**

Las semillas de Teca requieren de un proceso de escarificación para su desarrollo por lo que se recomiendan los siguientes procedimientos previos a la siembra:

#### ***Lijado***

Un tipo de escarificación mecánica es el lijado que consiste en utilizar papel lija sobre la superficie externa de la semilla y mediante fricción retirar el exocarpo para dejar expuesto el endocarpo y facilite el proceso germinativo (Sanchez-Soto et al., 2017).

#### ***Escarificación química***

La escarificación química consiste en aplicar cierta sustancia cuya función es ayudar al proceso germinativo de las semillas. El ácido giberélico es un excelente fitorregulador hormonal que ayuda a estimular el crecimiento y regular el desarrollo de las plantas por lo que es una gran alternativa para romper la latencia, además de remplazar las necesidades de la semilla por estímulos ambientales como la luz (Saldivar et al., 2010)

**Frio o Prechill**

El Prechill es una forma de almacenamiento de las semillas en condiciones de baja temperatura y es utilizado en el proceso de escarificación como complemento de otros procedimientos para asegurar un mayor porcentaje germinativo (Balaguera et al., 2010)

**Analizador automático de semillas SAD 9000-S**

Es un instrumento profesional seguro y confiable que sirve para la toma de decisiones en el control de calidad de las semillas de diferentes especies, gracias a su hardware y software de alta tecnología que permiten predecir el comportamiento germinativo de las semillas en estudio. Desde los años 70 se ha evidenciado experiencias sobre la medición de la conductividad eléctrica de las semillas y como este es capaz de determinar el poder germinativo. Desde el proceso de imbibición hay una sustancial liberación de solutos desde la semilla, incluyendo azúcares, aminoácidos y electrolitos, en particular potasio. Este lixiviado permite identificar el estado fisiológico de la semilla, si este presenta una alta conductividad es indicativo de alta pérdida de solutos correspondiente a semillas poco o nada viables pudiendo ser consecuencia de inmadurez, daños por envejecimiento, deterioro de las membranas, daños físicos de las semillas, etc.

El analizador automático de semillas SAD 9000-S es considerado un conductímetro múltiple con capacidad para analizar hasta 100 semillas simultáneamente, siendo capaz de medir la resistencia de un medio líquido (y por ende su conductividad) la que se expresa en  $\mu S \cdot cm^{-1}$ .

## Capítulo III

### Metodología

#### Ubicación del área de investigación

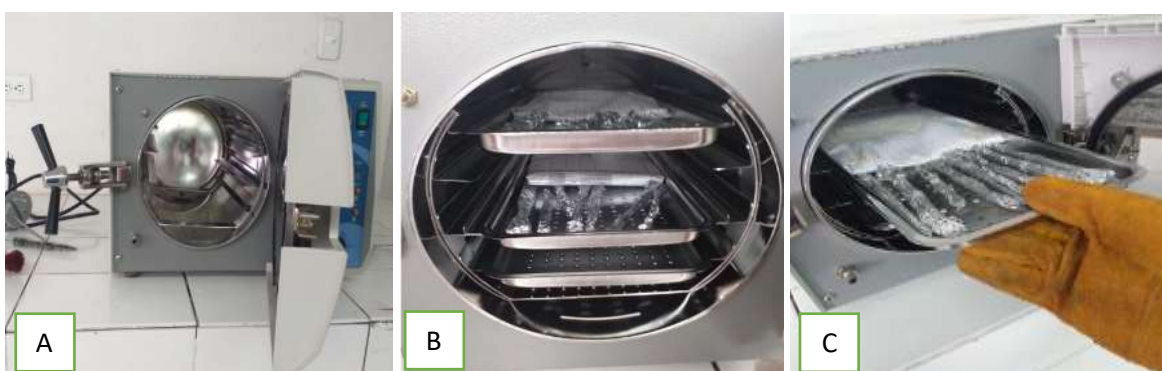
El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de semillas de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario AGROCALIDAD, ubicado en la provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia Tumbaco, sector San Pedro, La Granja. Las condiciones que presenta el laboratorio son: temperatura ambiente que oscila entre 13 a 24°C y la temperatura recomendada en la cámara germinadora para el cultivo de Teca (*T. grandis*) es de 30°C con una humedad de 50 a 86% según las reglas internacionales para el análisis de semillas ISTA (2013).

#### Prueba de germinación estándar o tradicional

Para esta investigación se preparó el área de trabajo mediante una limpieza y desinfección de los materiales en la autoclave a una temperatura de 121°C por 15 minutos. El operador también debe contar con todo el equipo de aislamiento y protección como mandil, guantes, mascarillas, etc.

#### Figura 4

*Desinfección de materiales y equipo de trabajo*



*Nota.* Desinfección del equipo de trabajo A) limpieza de la autoclave con detergentes y agua además de desinfectar la superficie con etanol. B) Colocación del material de trabajo en la autoclave para su debida desinfección. C) El operario debe utilizar equipo de protección para manipular el equipo de desinfección.

***Recolección de la muestra***

Para esta investigación se analizó 6 lotes de 50 semillas, de las cuales 4 muestras fueron recogidas en el campo en las siguientes fuentes: Fincas productoras de Teca en la provincia de los Ríos: cantón Valencia-El Vergel, Quevedo, Babahoyo y de la provincia de Cotopaxi sector Calope cantón La Mana. Una muestra de semillas certificadas de la empresa “Profafor” y una muestra de semillas almacenadas en el laboratorio de Agrocalidad.

***Análisis de pureza y homogenización***

Se realizó un análisis de pureza de los lotes de semillas de teca, que consistió en eliminar cualquier objeto extraño de la muestra como ramas, palillos, piedritas, trozos de basura o madera para seguido realizar la homogenización de la muestra en el homogeneizador del laboratorio y obtener una muestra completamente al azar.

***Proceso de escarificación para las semillas recogidas en campo***

El proceso de escarificación consistió en el retiro del capuchón para luego ser lijadas y así remover el exocarpo subcarnoso hasta llegar al endocarpo que es fuerte y resistente. Por ultimo las 50 semillas de cada lote fueron sumergidas en una concentración de ácido giberélico de 1gr/500ml H<sub>2</sub>O por 24 horas para promover el crecimiento de la plántula.

**Figura 5**

*Proceso de escarificación en las semillas de teca (T. grandis) recogidas en campo*

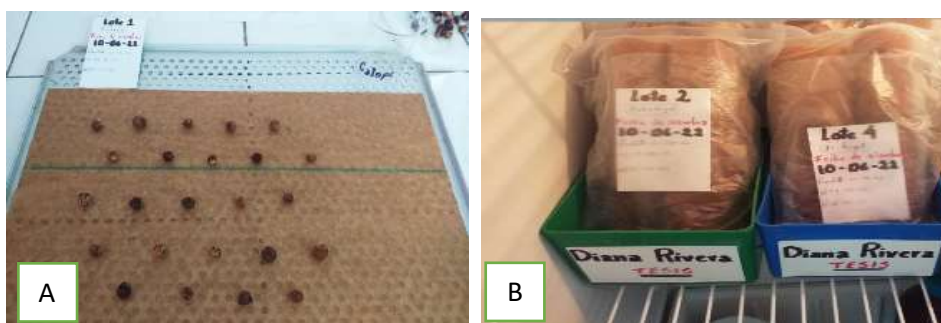


*Nota.* En los gráficos se aprecia el proceso de escarificación de la semilla de Teca recolectada en el campo donde se retiró el capuchón y se procedió a lijar para aislar las capas externas de la semilla y luego se sumergieron en ácido giberélico en una concentración de 1gr/500ml H<sub>2</sub>O por 24 horas.

Luego de transcurrido el tiempo de 24 horas las muestras fueron sembradas en papel germinativo y colocadas en Prechill o refrigeración por 5 días. Luego de esto, se hidrataron y fueron colocadas en la cámara germinadora por 28 días.

**Figura 6**

*Siembra de las semillas en papel germinativo*



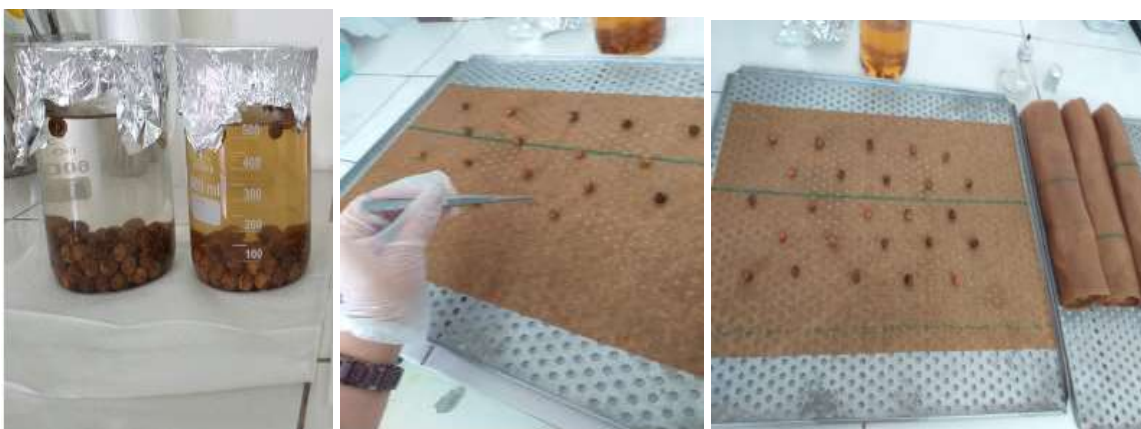
*Nota.* A) Siembra de las semillas en el papel germinativo. B) Colocación de las muestras en el Prechill o refrigeración por 5 días.

### **Proceso de germinación de las semillas almacenadas y certificadas**

Las semillas del lote 5 y 6 pertenecientes a las fuentes de Agrocalidad y Profafor respectivamente no requieren del proceso de escarificación anteriormente mencionado. Para dichas muestras se colocó 50 semillas de cada lote en agua desmineralizada o desionizada por 24 horas y seguido fueron sembradas en papel germinativo en las bandejas de montaje con su respectiva etiqueta informativa y luego se empacaron en las fundas plásticas para su posterior ingreso a la cámara germinadora. La cámara germinadora se programó a 30°C y una humedad relativa del 80% para las semillas de Teca.

### **Figura 7**

#### *Proceso de siembra para semillas certificadas*



*Nota.* Hidratación de las semillas certificadas en agua desmineralizada por 24 horas y seguido la siembra en el papel germinativo

### **Determinación del porcentaje germinativo por el método tradicional**

El porcentaje de germinación de las semillas de Teca (*T. grandis*) se determinó mediante la obtención de plántulas normales que resultaron de las semillas tetragonales con 4 cavidades viables y fértiles para producir plantas completas, para la investigación se consideró semillas germinadas aquellas que hayan producido al menos 1 plántula completa y desarrollada fisiológicamente según las claves

taxonómicas que ofrece el ISTA 2013. Luego fueron evaluadas a los 28 días y mediante la utilización de la ecuación para el cálculo del porcentaje germinativo.

#### **Ecuación del porcentaje de germinación para el método tradicional o estándar**

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\# \text{ de plántulas normales germinadas}}{\# \text{ total de semillas sembradas}} \times 100$$

Para obtener el porcentaje germinativo de una muestra se requiere el dato del número de plántulas normales germinadas y el total de semillas sembradas.

#### **Prueba de germinación por el Equipo SAD 9000 S**

Las semillas para ser analizadas por el Equipo SAD 9000 S deben ser sometidas al mismo proceso de pureza, homogenización, escarificación, siembra y Prechill para semillas recogidas en campo como se menciona en el método tradicional, al igual que las semillas certificadas y almacenadas.

#### ***Agua implementada en el proyecto***

Un material esencial para la calibración adecuada del Equipo SAD 9000 S es el tipo de agua que es recomendada por la guía de procedimientos biológico donde establece utilizar agua desionizada o desmineralizada con un valor de conductividad eléctrica menor a  $5 \mu S \cdot cm^{-1}$  por lo que se realizó varias pruebas de conductividad eléctrica en muestras de agua de diferentes casas comerciales hasta obtener la que mejor se adapte al proyecto.



**Figura 8**

*Valor de la conductividad eléctrica del agua implementada en la investigación*



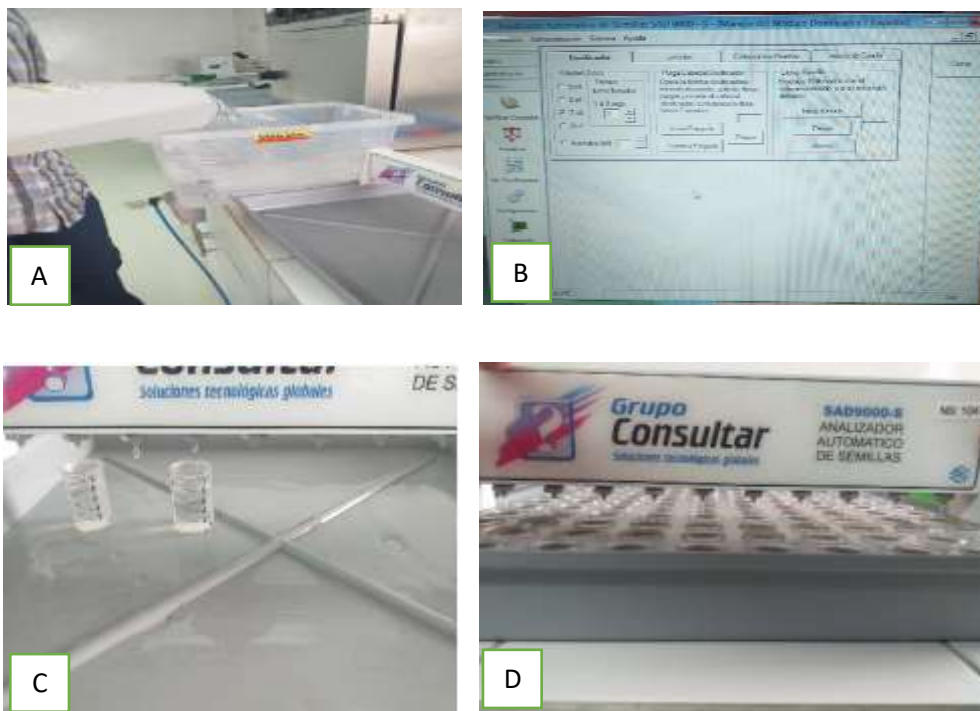
*Nota.* Medición de la conductividad eléctrica realizadas a las muestras de agua comercial. El valor de la conductividad eléctrica obtenida en el laboratorio fue de  $1.73 \text{ } (\mu\text{Scm}^{-1})$  para el agua de “La casa de los Químicos”.

#### ***Colocación del agua desionizada en el Equipo SAD 9000 S***

El galón de agua se colocó en el contenedor y mediante el software se calibro y se distribuyó 7ml de agua con el dosificador automático en cada celda de la gradilla múltiple de lixiviación.

**Figura 9**

*Distribución del agua desionizada en el Equipo SAD 9000 S*



*Nota.* A) Colocación de agua desmineralizada en el contenedor con un valor inferior a  $5 \mu S \cdot cm^{-1}$ . B) Calibración del equipo mediante el software instalado en el computador. C) Control del caudal de agua del dosificador para la semilla de Teca. D) Distribución del agua en las celdas de gradilla múltiple.

### ***Colocación de las semillas y proceso de lixiviación en el Equipo SAD 9000 S***

En cada celda de la gradilla se sumergió una única semilla y se cubrió con plástico blanco para evitar el ingreso de impurezas. Se dejó reposar por 24 horas y durante este tiempo las semillas lixiviaron las sustancias de los solutos o exudados que presentan las membranas celulares para poder ser medidas por el equipo SAD 9000 S.

**Figura 10**

*Proceso de lixiviación de las semillas de Teca (Tectona grandis)*



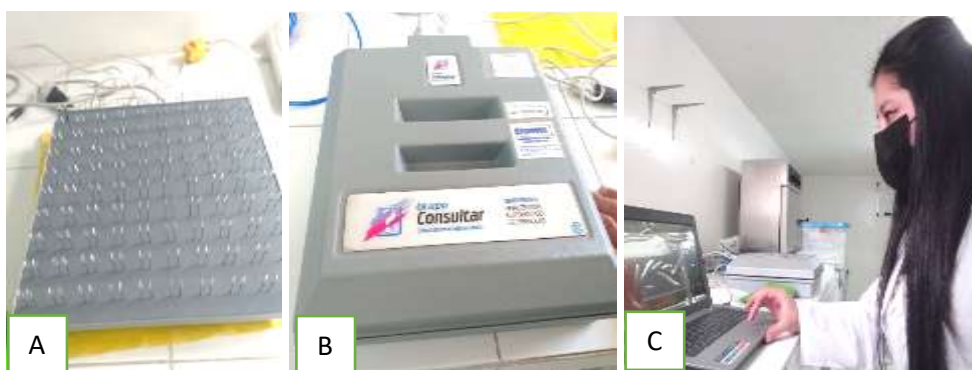
*Nota.* Colocación de una semilla por celda en la gradilla múltiple y protección de la muestra con un plástico blanco para evitar ingreso de impurezas

### ***Medición de la conductividad eléctrica con el Equipo SAD 9000 S***

Transcurrido el tiempo de 24 horas se colocó el cabezal múltiple de medición correctamente acoplado a la gradilla de lixiviación para asegurar la correcta inmersión de los electrodos de acero inoxidable, no es necesario retirar las semillas de los pocillos para realizar este proceso. Mediante el software se procedió a la lectura de la conductividad eléctrica.

**Figura 11**

*Manejo del equipo SAD 9000 S en el laboratorio de semillas de AGROCALIDAD*



*Nota.* A) Plancha de electrodos de acero inoxidable para la medición del lixiviado de las semillas de Teca. B) Acople de los electrodos en la gradilla múltiple. C) Manejo del software del Equipo SAD 9000 S

### ***Determinación del rango óptimo de conductividad eléctrica con el Equipo SAD 9000 S***

Los valores de corte se obtuvieron haciendo uso de la metodología establecida por el fabricante en el manual de procedimientos biológicos del equipo SAD 9000 S, dichos valores se obtuvieron a través de una tabla de frecuencias de predicciones comparando con el porcentaje germinativo de la prueba tradicional.

La tabla de frecuencia utilizada para la determinación de los valores de corte sugiere el uso de dos intervalos amplios para iniciar las corridas de cada lote, como por ejemplo de 50 a 300  $\mu S. cm^{-1}$  se debe realizar varias corridas del mismo lote hasta ajustar el porcentaje germinativo que refleja el equipo con el porcentaje germinativo obtenido por el método tradicional, los rangos de conductividad eléctrica pueden aumentar o disminuir según sea el caso. Al finalizar se sumó el número de veces que se repitió cada valor de conductividad eléctrica de cada lote y así se determinó la frecuencia con la que los valores se repetían para establecer una cota óptima para el cultivo de teca.

### **Comparación de medias**

Para el análisis de comparación de medias se implementó una prueba Tukey ( $p < 0,05$ ) de los porcentajes del poder germinativo del método tradicional o estándar y el porcentaje del poder germinativo obtenido en el Equipo SAD 9000 S, además se implementó la regresión lineal entre los porcentajes de germinación obtenidos en ambos tratamientos. La prueba estadística fue:

$$f_{(x)} = ax + b$$

**Donde:**

$f_{(x)}$  = germinación por el método tradicional

$a$  = constante (pendiente)

$b$  = constante (intercepto)

$x$  = resultado del SAD 9000 S

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

#### Porcentaje de germinación por el método tradicional

En la (tabla 1) se presenta la cantidad de semillas germinadas a los 28 días con una revisión previa a los 14 días.

**Tabla 1**

*Cantidad de semillas germinadas por el método tradicional a los 28 días*

Lote	Ubicación	Semillas germinadas en el primer control	Semillas germinadas a los 28 días	Total
1	Calope-La mana	16	8	24
2	Babahoyo	9	3	12
3	Quevedo	22	9	31
4	El Vergel-Valencia	26	2	28
5	Agrocalidad	21	6	27
6	Profafor	29	9	38

*Nota.* Número total de semillas germinadas durante el tiempo establecido de 28 días en la cámara germinadora donde se pudo visualizar plantas completas y desarrollada fisiológicamente.

Las semillas que se contabilizaron a los 28 días son aquellas que no germinaron en el primer control y deben ser sumadas a las semillas brotadas a los 14 días para obtener un total de semillas germinadas.

**Tabla 2**

*Porcentaje de germinación de las semillas de Teca (T. grandis) por el método tradicional o estándar*

<b>Lote</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Total de semillas germinadas</b>	<b>Porcentaje germinativo</b>
1	Calope-La mana	24	48%
2	Babahoyo	12	24%
3	Quevedo	31	62%
4	El Vergel-Valencia	28	56%
5	Agrocalidad	27	54%
6	Profafor	38	76%

*Nota.* Resultado total de semillas germinadas a los 28 días y por medio de la fórmula del porcentaje germinativo se obtuvo el valor del porcentaje germinativo para cada lote.

Según, (Slator et al., 2013) atribuye el bajo porcentaje de germinación de las semillas de teca (*T. grandis*) a los mecanismos de latencia que en ciertas especies han evolucionado para retrasar el proceso germinativo como método de defensa hasta asegurar las condiciones adecuadas de sobrevivencia de la plántula. La latencia física que presenta la semilla de teca impiden la capacidad de hincharse y disminuye el estímulo para el desarrollo de la radícula. Las capas duras y resistentes pueden actuar de forma negativa en su proceso de germinación por lo que va a requerir de procesos de escarificación previos para su activación.

**Figura 12**

*Plántulas de teca (T. grandis) fisiológicamente normales*



*Nota.* Plántulas normales bien desarrolladas con raíz principal y secundarias con un tallo primario y hojas embrionarias o cotiledones

### **Porcentaje germinativo por el equipo SAD 9000 S**

Al implementar la metodología establecida en la guía por el fabricante se obtuvo los siguientes resultados:

El rango propuesto para el lote 1 Calope La Mana fue de 60 a 250 ( $\mu S. cm^{-1}$ ) donde el valor máximo se iba reduciendo para ir ajustando el valor de corte de conductividad eléctrica que mejor se adapte al porcentaje de germinación establecido por el método tradicional hasta determinar un valor de corte óptimo de 60 a 190 ( $\mu S. cm^{-1}$ ), el número de corridas para este lote fue de 10.

**Tabla 3**

*Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 1 Calope-La Mana*

<b>N° de corrida</b>	<b>Rangos propuestos de conductividad eléctrica (<math>\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}</math>)</b>	<b>Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar</b>	<b>Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S</b>
1	60-250	48%	17%
2	60-242	48%	21%
3	60-235	48%	24%
4	60-225	48%	29%
5	60-212	48%	32%
6	60-209	48%	35%
7	60-205	48%	38%
8	60-203	48%	40%
9	60-200	48%	42%
10	60-190	48%	46%

*Nota.* Esta tabla muestra que se realizaron 10 corridas de la muestra del Lote 1 Calope La Mana con diferentes valores de conductividad eléctrica para establecer la relación entre el porcentaje germinativo de una prueba estándar o tradicional con el porcentaje germinativo del equipo SAD 9000 S

El rango propuesto para el Lote 2 Babahoyo fue de 60 a 235 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) donde se iba ajustando el valor máximo hasta establecer el valor óptimo de conductividad eléctrica que mejor se adapte al porcentaje de germinación establecido por el método tradicional hasta determinar un valor de corte óptimo de 60 a 100 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), el número de corridas para este Lote fue de 13.



**Tabla 4**

*Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 2 Babahoyo*

<b>N° de corrida</b>	<b>Rangos propuestos de conductividad eléctrica (<math>\mu\text{S. cm}^{-1}</math>)</b>	<b>Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar</b>	<b>Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S</b>
1	60-235	24%	74%
2	60-230	24%	68%
3	60-222	24%	66%
4	60-201	24%	56%
5	60-191	24%	54%
6	60-183	24%	49%
7	60-174	24%	47%
8	60-162	24%	46%
10	60-154	24%	45%
11	60-145	24%	35%
12	60-142	24%	27%
13	60-100	24%	22%

*Nota.* Esta tabla muestra que fueron 13 corridas las que se realizaron para ajustar el valor de conductividad eléctrica para el lote 2 Babahoyo y así poder relacionar el porcentaje germinativo por el método tradicional y el equipo SAD 9000 S

El rango propuesto para el Lote 3 Quevedo fue de 60 a 162 ( $\mu\text{S. cm}^{-1}$ ) donde se incrementó el valor máximo para ir ajustando la conductividad eléctrica que mejor se adapte al porcentaje de

germinación establecido por el método tradicional hasta determinar un valor de corte óptimo de 60 a 109 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), el número de corridas para este lote fueron de 3.

**Tabla 5**

*Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 3 Quevedo*

N° de corrida	Rangos	Porcentaje de	Porcentaje de
	propuestos de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ )	germinación por el método tradicional o estándar	germinación por el equipo SAD 9000 S
1	60-162	62%	56%
2	60-170	62%	59%
3	60-190	62%	62%

*Nota.* Esta tabla muestra que fueron 3 las corridas realizadas para el lote 3 Quevedo con diferentes valores de conductividad eléctrica hasta obtener una relación entre el porcentaje germinativo de la prueba tradicional con el porcentaje germinativo del equipo SAD 9000 S

El rango propuesto para el Lote 4 El Vergel Valencia fue de 60 a 260 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) donde se redujo el valor máximo de conductividad eléctrica hasta encontrar un valor que se adapte al porcentaje germinativo obtenido de la prueba tradicional. El valor óptimo para el lote 4 El Vergel Valencia fue de 60 a 250 ( $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), el número de corridas para este lote fue de 7.

**Tabla 6**

*Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 4 El Vergel Valencia*

<b>N° de corrida</b>	<b>Rangos propuestos de conductividad eléctrica (<math>\mu\text{S. cm}^{-1}</math>)</b>	<b>Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar</b>	<b>Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S</b>
1	60-260	56%	44%
2	60-250	56%	40%
3	60-245	56%	42%
4	60-239	56%	45%
5	60-230	56%	49%
6	60-240	56%	50%
7	60-250	56%	54%

Nota. Esta tabla muestra que el número de corridas fueron de 7 para el lote 4 El Vergel Valencia con diferentes valores de conductividad eléctrica que se realizaron para obtener una relación entre el porcentaje germinativo de una prueba estándar o tradicional con el porcentaje germinativo del equipo SAD 9000 S

El rango amplio propuesto de los valores de conductividad eléctrica para el Lote 5 Agrocalidad fueron de 60 a 245 ( $\mu\text{S. cm}^{-1}$ ) donde se fue reduciendo el valor máximo para ir ajustando el valor de corte de conductividad eléctrica que mejor se adapte al porcentaje de germinación establecido por el método tradicional hasta determinar un valor de corte óptimo de 60 a 215 ( $\mu\text{S. cm}^{-1}$ )

**Tabla 7**

*Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 5 Agrocalidad*

<b>N° de corrida</b>	<b>Rangos propuestos de conductividad eléctrica (<math>\mu\text{S. cm}^{-1}</math>)</b>	<b>Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar</b>	<b>Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S</b>
1	60-245	54%	63%
2	60-240	54%	62%
3	60-231	54%	49%
4	60-229	54%	45%
5	60-225	54%	42%
6	60-215	54%	52%

Nota. Esta tabla muestra que se realizaron 6 corridas con valores diferentes de conductividad eléctrica hasta establecer un porcentaje de germinación del Equipo SAD 9000 S que tenga relación con el porcentaje de germinación del método tradicional

La experticia obtenida en las corridas anteriormente realizadas con los diferentes lotes permitieron que se establezca el corte óptimo para el Lote 6 de la empresa Profafor en la primera corrida siendo un valor de conductividad eléctrica de 60 a 190 ( $\mu\text{S. cm}^{-1}$ )

**Tabla 8**

*Evaluación de los rangos de conductividad eléctrica para el Lote 6 Profafor*

<b>N° de corrida</b>	<b>Rango óptimo de conductividad eléctrica</b>	<b>Porcentaje de germinación por el método tradicional</b>	<b>Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S</b>
1	60-190	76%	74%

*Nota.* Esta tabla muestra que solo se realizó una única corrida para establecer el valor de corte de conductividad eléctrica que mejor se relacione el porcentaje de germinación del Equipo SAD 9000 S con el porcentaje de germinación por el método tradicional

La tabla de frecuencias (tabla 9) establecida por la metodología del equipo permitió determinar el valor de corte óptimo para el cultivo de Teca que es de 190 ( $\mu S. cm^{-1}$ ) ya que fue el valor que más se repitió durante las corridas realizadas con el equipo SAD 9000 S a los diferentes lotes.

Tabla 9

Tabla de frecuencia de predicción para la obtención de los valores de corte en el cultivo de teca (*T. grandis*)

		Microsiemens ( $\mu S/cm^{-1}$ )																							
N° LOTE	P.G	50	60	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	215	220	225	230	235	240	245	250	
1	48%													X											
2	24%				X																				
3	62%													X											
4	56%																								X
5	54%																X								
6	76%													X											
<b>SUMA</b>					<b>1</b>									<b>3</b>			<b>1</b>								<b>1</b>

Nota. P.G (Porcentaje germinativo por el método tradicional). Los valores que se encuentran en la parte superior se encuentran en microsiemens ( $\mu S.cm^{-1}$ )

Según, (Viloria & Méndez, 2011) establecen que un factor importante para alcanzar el éxito productivo de un cultivo es la calidad de la semilla por lo que se debe enfocar los esfuerzos para elegir las semillas que mejores características presenten. Las pruebas de germinación permiten identificar la viabilidad de una muestra, pero dichos análisis tradicionales tienden a obtener resultados en largos periodos lo que impide una correcta toma de decisiones. La prueba de conductividad eléctrica es una propuesta eficiente para obtener estimados de porcentajes de germinación en un tiempo de 24 horas o menos, además, permite determinar la integridad de la membrana celular ya que al ser sometida la muestra en remojo y esta tiende a perder los solutos citoplasmáticos, el exudado o remanente de las semillas determinara el deterioro de la muestra.

#### **Método de comparación de medias**

En el análisis de correlación de tukey ( $p < 0,05$ ) se determinó que la media del porcentaje de germinación por el método tradicional fue del 53,33% mientras que el porcentaje de germinación por el Equipo SAD 9000 S es de 52,33% reflejando que no existe diferencia significativa entre ellas (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Datos de las medias del método tradicional o estándar y del equipo SAD 9000 S*

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E</b>	
<b>Tradicional</b>	53,33	6	6,92	<b>a</b>
<b>Equipo</b>	52,33	6	6,92	<b>a</b>

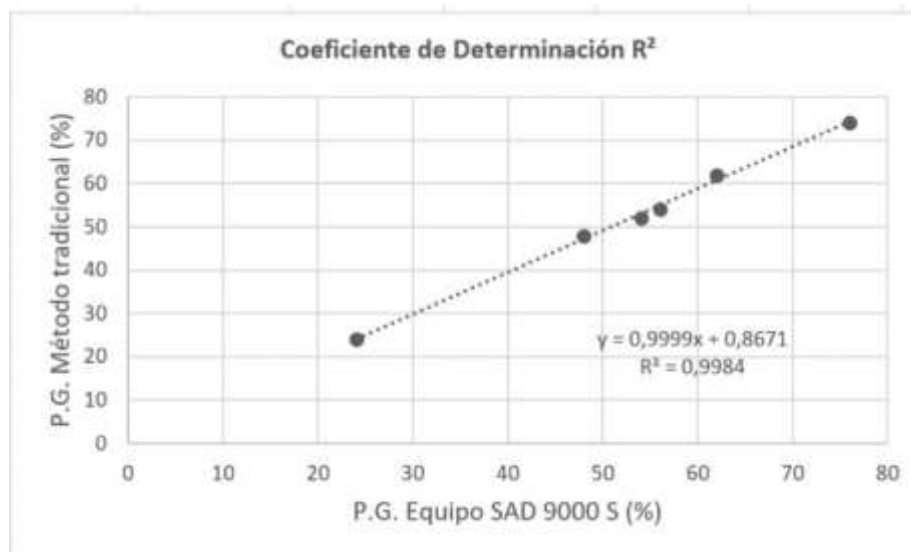
*Nota.* Medias con la misma letra no presenta diferencia significativa, medias con diferente letra existe diferencia significativa.

### Índice de relación entre el porcentaje de germinación por el método tradicional y el Equipo SAD 9000S

Se realizó el cálculo del índice de relación cuadrática donde se obtuvo un valor de  $R^2 = 0,9984$ , determinando que la ecuación lineal del porcentaje de germinación de la semilla de teca (*Tectona grandis*) se adapta al modelo planteado:  $Y = 0,99x + 0,8671$ , se establece que existe íntima relación entre el resultado del porcentaje de germinación por el método tradicional y el resultado del porcentaje de germinación por el Equipo SAD 9000 S

#### Figura 13

Coefficiente de Determinación  $R^2$



*Nota.* El  $R^2$  simboliza el índice de relación polinomial entre las variables, una vez determinada la regresión lineal podemos ver la interacción que tiene el método tradicional con el equipo SAD 9000 S



## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- Se logró obtener el porcentaje germinativo de las semillas de Teca (*T. grandis*) por el método tradicional o estándar de muestras obtenidas en el campo, así como de muestras de semillas certificadas. Los lotes fueron recogidos de diferentes lugares del país por lo que se obtuvieron porcentajes germinativos variados para cada lote. La muestra que presentó mayor porcentaje germinativo fue de la empresa Profafor con un 76% y la que obtuvo menor porcentaje germinativo fue la muestra obtenida en el campo en la ciudad de Babahoyo con un 24% de germinación por el método estándar o tradicional. La media del porcentaje germinativo por el método tradicional fue del 53.33% para el cultivo de teca (*T. grandis*).
- Se obtuvo los valores de conductividad eléctrica de las semillas de teca (*T. grandis*) evaluadas por el método del Equipo SAD 9000 S donde se reflejó que la conductividad eléctrica óptima para el cultivo de teca es de 190 ( $\mu S. cm^{-1}$ ) La media del porcentaje germinativo por el método del Equipo SAD 9000 S fue del 52.33%
- El método de comparación de medias demostró que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por el método tradicional con los resultados reflejados por el método del Equipo SAD 9000 S para la medición del porcentaje germinativo del cultivo de Teca (*Tectona grandis*)

## Recomendaciones

- El Equipo SAD 9000 S es una tecnología que permite mejorar los procesos de germinación de las semillas por lo que se recomienda realizar estudios germinativos en otras especies de interés económico y forestales ya que existe muy poca información sobre este método de análisis.
- El Equipo SAD 9000 S también puede evaluar vigor, dureza, dormancia de las semillas por lo que se recomienda ampliar el análisis y así obtener más información de diferentes semillas en estudios.
- Se recomienda estandarizar todas las semillas de mayor interés económico y que con mayor concurrencia que llegan al laboratorio de semillas en La Agencia de Regulación y control Fito y Zoosanitario AGROCALIDAD para mejorar los procedimientos analíticos de laboratorio y obtener resultados en menor tiempo.

## Bibliografía

- Arango, M., & Gallo, C. (2020). ¿ Qué hacemos en un Laboratorio de Análisis de Semillas ? *INTA EEA Oliveros, 0(0)*, 11–14.
- Armijos, L. (2014). Modelo de negocios y fuente de financiamiento a través de un fideicomiso de inversión en el cultivo de teca. *ResearchGate*, 7(July 2014), 4–29.  
[https://www.researchgate.net/publication/291521907\\_MODELO\\_DE\\_NEGOCIOS\\_Y\\_FUENTE\\_DE\\_FINANCIAMIENTO\\_A\\_TRAVES\\_DE\\_UN\\_FIDEICOMISO\\_DE\\_INVERSION\\_EN\\_EL\\_CULTIVO\\_DE\\_TECA\\_Tectona\\_grandis](https://www.researchgate.net/publication/291521907_MODELO_DE_NEGOCIOS_Y_FUENTE_DE_FINANCIAMIENTO_A_TRAVES_DE_UN_FIDEICOMISO_DE_INVERSION_EN_EL_CULTIVO_DE_TECA_Tectona_grandis)
- Balaguera, H., Álvarez, E., Giovanni, J., & Cárdenas, J. (2010). Efecto de la estratificación fría y la cobertura plástica en semillas de gulupa (*Passiflora edulis Sims.*) Para la obtención de plántulas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2).  
<https://doi.org/10.31910/rudca.v13.n2.2010.735>
- Bonilla, K. (2017). *Determinar los valores de corte P.G de cota alta y los de cota inferior en el Equipo SAD 9000 S para las semillas de maíz (Zea maiz), frèjol (Phaseolus vulgaris L) y cebada (Hordeum vulgare L)* [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15869/1/T-IASA%0AI-005473.pdf>
- Dalling, J. (2002). *Ecología de Semillas* (pp. 1–28).
- De la Cuadra, C. (1993). Germinación, latencia y dormición de las semillas. *Hojas Divulgadoras*, 50(10), 1089–1092. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.50.4967>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción , conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85.
- Grijalva, O. A., Rincón Sánchez, F., Gutiérrez Del Río, E., Angélica, N., Torres, R., & Bustamante García, L.

- (2003). Componentes Genéticos De Caracteres Agronómicos Y De Calidad Fisiológica De Semillas En Líneas De Maíz Genetic Components of Agronomic and Physiological Seed Quality Traits in Maize Inbred Lines. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 26(1), 11–17.
- Pantoja, P. (2018). *Determinación de los rangos de conductividad eléctrica, para el diagnóstico del porcentaje de germinación en trigo y arroz* (Issue Figura 1). Universidad Central del Ecuador.
- Peña, L. (2005). *Estudios en fisiología de semillas de*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Pita, J., & Perez, F. (2008). Germinación de semillas. *Hojas Divulgadoras*, 1, 1–20.  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1998\\_2090.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf)
- Quillupangui, S. (2016). *Las exportaciones de madera crecen impulsadas por la teca*. El Comercio.  
<https://www.elcomercio.com/actualidad/exportaciones-madera-crecimiento-teca-ecuador.html>
- Rizzo, C. (2018). Protocolo Técnico, Logístico Y De Seguridad Para La Exportación De Madera Y Sus Derivados . *Ministerio De Comercio Exterior E Inversiones* , 31–33.
- Saldívar, P., Laguna, A., Gutiérrez, F., & Domínguez, M. (2010). ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE Jaltomata procumbens (CAV.) J. L. GENTRY. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 327–331. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v21n2/a12v21n2.pdf>
- Sánchez-Soto, B. H., Pacheco-Aispuro, E., Lugo-García, G. A., Reyes-Olivas, Á., & García-Moya, E. (2017). Métodos de escarificación en semillas de *Guaiacum coulteri*, especie amenazada del bosque tropical caducifolio del norte de Sinaloa, México. *Gayana - Botanica*, 74(2), 262–268.  
<https://doi.org/10.4067/S0717-66432017000200262>
- Slator, N. J., Callister, A. N., & Doland Nichols, J. (2013). Mechanical but not physical dormancy is a cause of poor germination in teak (*Tectona grandis* L.f.). *New Forests*, 44(1), 39–49.  
<https://doi.org/10.1007/s11056-011-9298-0>

Torres, H. (2017). *Manual de Prácticas de la Unidad de Aprendizaje Propagación de Plantas*. P-Manuals T-1. <https://docplayer.es/61297016-P-manuals-t-i-propagacion-de-plantas-manual-de-practicas-de-la-unidad-de-aprendizaje-ecorfan-coordinador-hector-torres-rios.html>

Valdez, J. (2018). *Rangos de conductividad eléctrica en semilla de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) utilizando el equipo SAD 9000-S* (Issue Figura 1). Universidad Central del Ecuador.

Viloria, H., & Mendez Natera, J. R. (2011). Relación entre la conductividad eléctrica, pH del agua de remojo, germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mayz* L.) bajo dos condiciones experimentales. *Scientia Agropecuaria*, 2, 213–228.

**Link:**

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/12nvNoNCbEKfWkl7nEy66zvSLlq1TzUfl>