



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**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 de 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



INTRODUCCIÓN

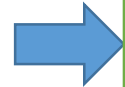
La madera es un insumo no tradicional en constante crecimiento



Ecuador es un país viable para el desarrollo de especies madereras



Productos de comercialización:
Teca: 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%



En los últimos 10 años la exportación de madera tuvo un crecimiento del 12,9% en toneladas métricas



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.

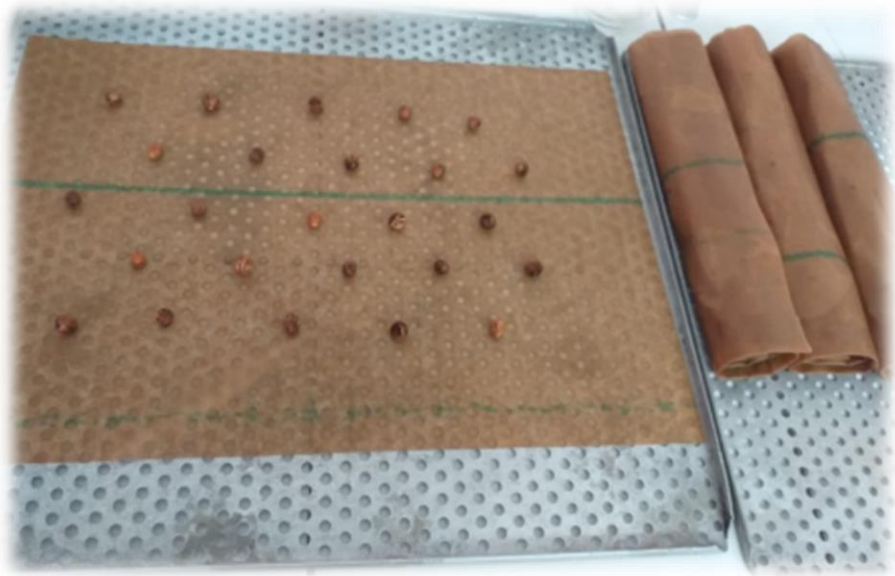


INTRODUCCIÓN

La calidad de la semilla es el factor más importante para determinar el éxito productivo de un cultivo

AGROCALIDAD realiza análisis de las semillas por métodos tradicionales que requieren mucho tiempo provocando retrasos, molestias en los usuarios y reduciendo la capacidad analítica del laboratorio

El tiempo germinativo para especies forestales según los métodos establecidos por las Reglas Internacionales para el Análisis de semillas (ISTA 2013) es de 30 a 60 días



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 las muestras para otorgar un resultado que servirá al usuario en la toma de decisiones



Mediante el método tradicional la entrega de resultados puede llegar a tardar mucho tiempo por lo que el laboratorio adquirió el Equipo SAD 9000 S que es un instrumento tecnológico que sirve de apoyo en el control de la calidad de las semillas y frutos



Los resultados con el Equipo SAD 9000 S se obtienen en menos de 48 horas



Objetivo General

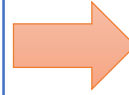
Determinar el rango de conductividad eléctrica en semillas de teca (*T. grandis*) para el análisis del poder germinativo usando el equipo SAD 9000-S

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

La semilla

La semilla es considerada la unidad básica de reproducción sexual además de ser el ovulo maduro cuya función principal es multiplicar y perpetuar una especie



Procesos de germinación

Absorción o imbibición: absorción de agua.

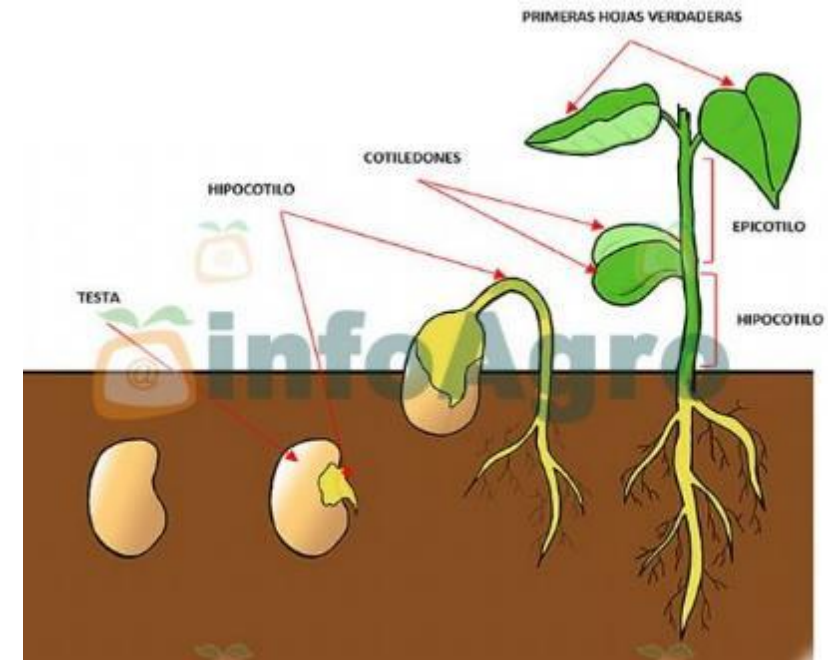
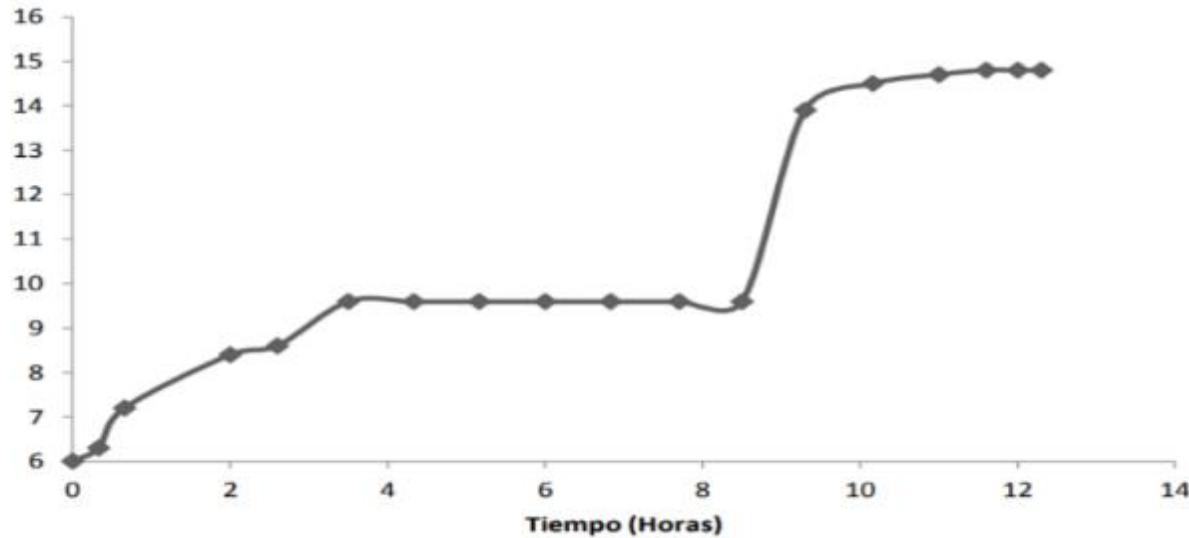
Activación: Aceleramiento del metabolismo para el transporte de alimento.

Elongación: ruptura de la testa y extensión del embrión para que se active el crecimiento de la radícula dando lugar a la nueva plántula.

Fase I
Absorción rápida de agua (Imbibición)

Fase II
Activación del metabolismo, movilización de nutrientes

Fase III
Absorción de agua, elongación del embrión, ruptura de la testa, germinación



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

Las semillas de teca presentan varias capas que protegen al embrión de lesiones mecánicas, ingreso de patógenos y controla la humedad

La capa externa es tipo capuchón con el cáliz elongado que recubre las capas internas



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

La forma es subglobosa de 2 a 3 cm de diámetro, drupácea ligeramente tetragonal



El porcentaje de germinación de las semillas de teca a nivel de vivero es del 40 al 70%



Escarificación de la semilla

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

Escarificación química

El ácido giberélico es un fitorregulador hormonal que ayuda a estimular el crecimiento de las plantas por lo que es una gran alternativa para romper la latencia

Prechill

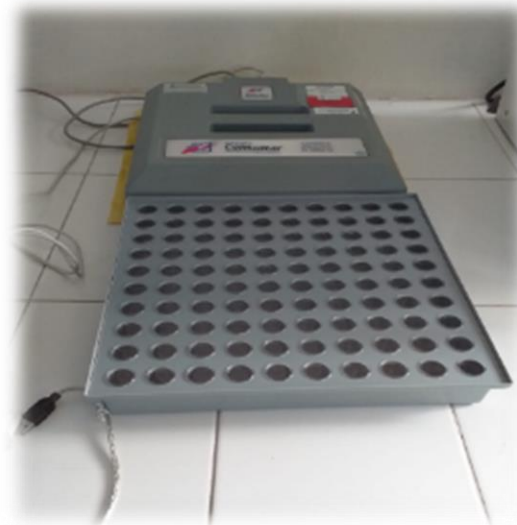
Es una forma de almacenamiento de las semillas en condiciones de baja temperatura y es utilizado en el proceso de escarificación como complemento de otros procedimientos para asegurar un mayor porcentaje germinativo



Analizador automático de semillas SAD 9000-S

El Equipo SAD 9000 S es una herramienta de gran ayuda para obtener los resultados de porcentaje germinativo en menor tiempo ya que su funcionamiento es en base a la conductividad eléctrica para evaluar la calidad de las semillas

El Software del equipo permite establecer el porcentaje germinativo en base a la lixiviación que puede proporcionar la integridad de las membranas celulares de las semillas durante un periodo de remojo.



Ubicación del área de investigación

Laboratorio de semillas de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario AGROCALIDAD, ubicado en la provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia Tumbaco, sector San Pedro, La Granja.



Condiciones del laboratorio:

Temperatura ambiente: 13 a 24°C

Condiciones para el cultivo de teca (*Tectona grandis*):

Cámara germinadora: 30°C
Humedad recomendada: 50 a 86% según el ISTA 2013

Prueba de germinación estándar o tradicional

Recolección de 6 lotes de semillas de teca (*T. grandis*) de los siguientes sectores:

- Lote 1:** Calope La Mana (campo)
- Lote 2:** Babahoyo (campo)
- Lote 3:** Quevedo (campo)
- Lote 4:** El Vergel (campo)
- Lote 5:** Agrocalidad (almacenada)
- Lote 6:** Profafor (certificada)

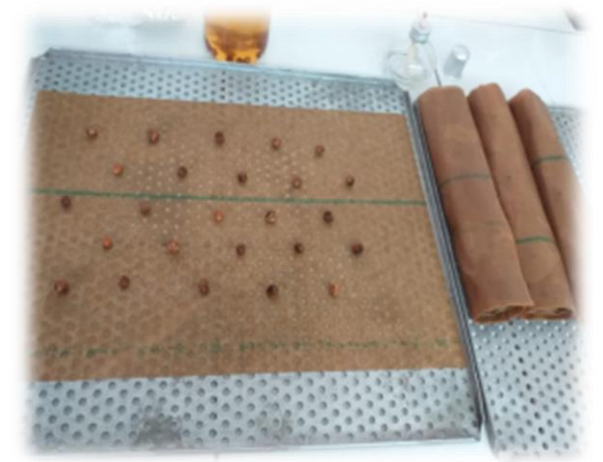
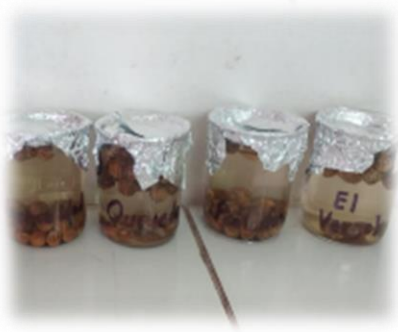
Se realizó un análisis de pureza para eliminar objetos extraños para seguido realizar el proceso de homogenización

Proceso germinativo para las muestras recolectadas en campo

1. se retiro el capuchón
2. se lijo las semillas
3. se colocó en acido giberélico por 24 horas
4. se sembró y se colocó en Prechill por 5 días
5. Se cambio a la cámara germinadora por 28 días

Proceso germinativo para la muestra certificada y almacenada

Se dejo en remojo en agua desionizada por 24 horas y luego fueron sembradas en papel germinativo y colocadas en la cámara por 24 horas



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.

El agua implementada en el proyecto no debe exceder los $5 \mu S \cdot cm^{-1}$



1.73 ($\mu S \cdot cm^{-1}$)

Calibración del Equipo

1. Colocar agua en el contenedor
2. Mediante el software dispensar 7ml de agua en cada pocillo
3. Colocación 1 semilla en cada pocillo
4. Dejar en reposo por 24 horas
5. Medir la conductividad eléctrica

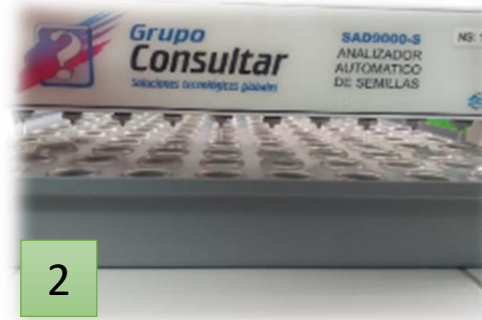
Para determinar el rango óptimo se debe realizar varias corridas ajustando el valor de la conductividad eléctrica hasta que exista relación entre el porcentaje germinativo del método tradicional con el porcentaje germinativo por el método del Equipo SAD 9000 S



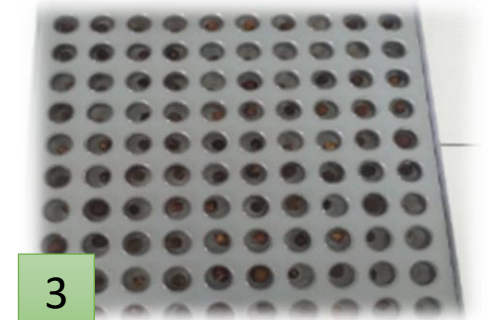
1



2



2



3



4



5

Porcentaje germinativo por el método tradicional

Tabla 1

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

Lote	Ubicación	Semillas		Total
		germinadas en el primer control	germinadas a los 28 días	
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

Se hizo un control de semillas a los 14 días observándose semillas fisiológicamente desarrolladas y se completo el proceso a los 28 días



Tabla 2

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

Lote	Ubicación	Total de semillas germinadas	Porcentaje germinativo
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%

El porcentaje de germinación se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

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

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.



Porcentaje germinativo por el Equipo SAD 9000 S

Al implementar la metodología establecida por la guía de procedimientos biológicos se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 3

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

N° de corrida	Rangos propuestos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar	Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S
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%

Tabla 4

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

N° de corrida	Rangos propuestos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar	Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S
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%

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 5

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

Nº de corrida	Rangos propuestos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar	Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S
1	60-162	62%	56%
2	60-170	62%	59%
3	60-190	62%	62%

Tabla 6

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

Nº de corrida	Rangos propuestos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar	Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S
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%

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 7

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

Nº de corrida	Rangos propuestos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)	Porcentaje de germinación por el método tradicional o estándar	Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S
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%

Tabla 8

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

Nº de corrida	Rango óptimo de conductividad eléctrica	Porcentaje de germinación por el método tradicional	Porcentaje de germinación por el equipo SAD 9000 S
1	60-190	76%	74%

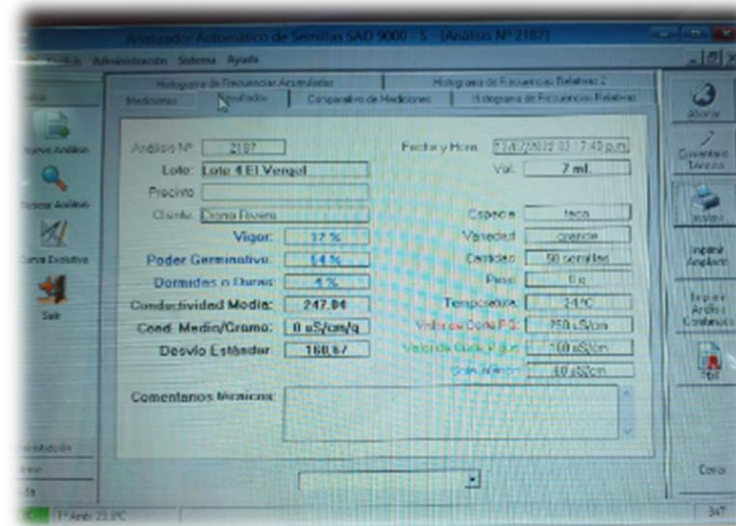
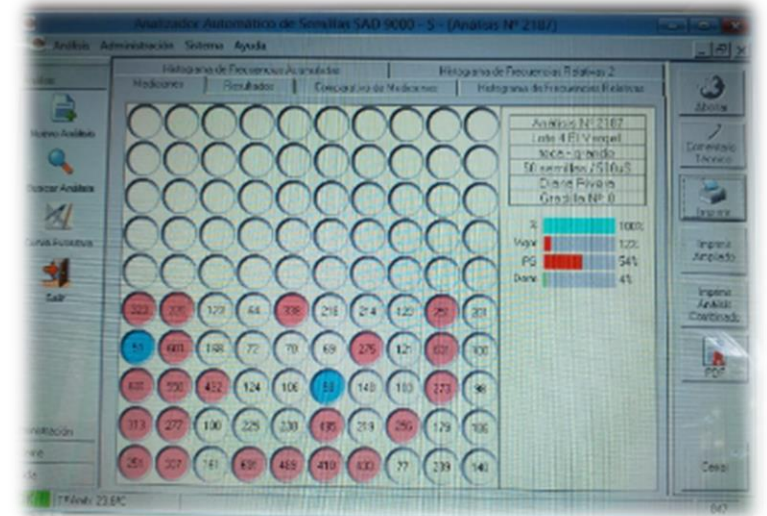
La experticia obtenida en las corridas anteriormente realizadas con los diferentes lotes permitieron que se establezca el corte óptimo para el Lote 6 de la empresa Profafor en la primera corrida siendo un valor de conductividad eléctrica de 60 a 190 ($\mu\text{S. cm}^{-1}$)

Tabla 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											
SUMA					1									3			1								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

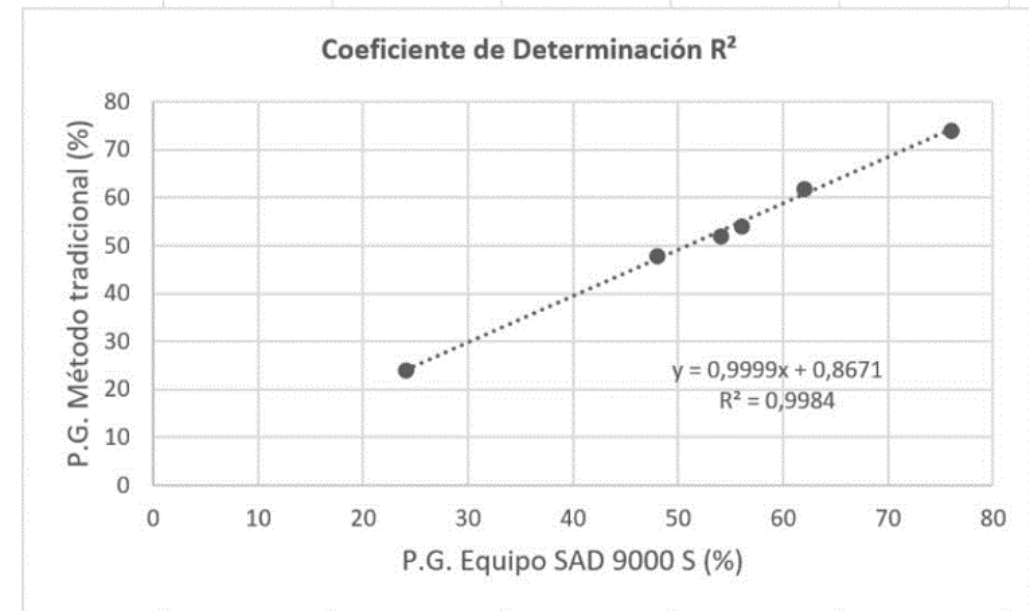
Datos de las medias del método tradicional o estándar y del equipo SAD 9000 S

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Tradicional	53,33	6	6,92	a
Equipo	52,33	6	6,92	a

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

Figura 1

Coefficiente de Determinación R^2



- 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*)

- 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.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



AGROCALIDAD

AGENCIA DE REGULACIÓN Y
CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO



PROFAFOR
Latinoamérica

Ing. Pérez Patricio Ph.D
Ing. Arias Diego
Ing. Landazuri Pablo
Ing. Tigrero Juan

Gracias



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA