

**Evaluación de la germinación y crecimiento  
de Teca (*Tectona grandis*) de cuatro fuentes  
semilleras**

**John Kevin Villacis Vargas**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Honduras**  
Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

# **Evaluación de la germinación y crecimiento de Teca (*Tectona grandis*) de cuatro fuentes semilleras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Ambiente y Desarrollo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**John Kevin Villacis Vargas**

**Zamorano, Honduras**

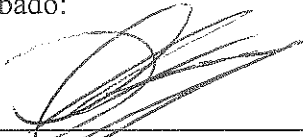
Noviembre, 2019

# Evaluación de la germinación y crecimiento de Teca (*Tectona grandis*) de cuatro fuentes semilleras

Presentado por:

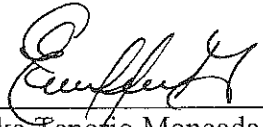
John Kevin Villacis Vargas

Aprobado:



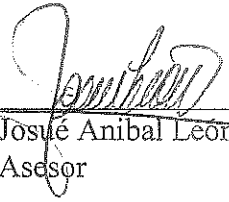
---

Juan Carlos Flores, Ph.D.  
Asesor Principal



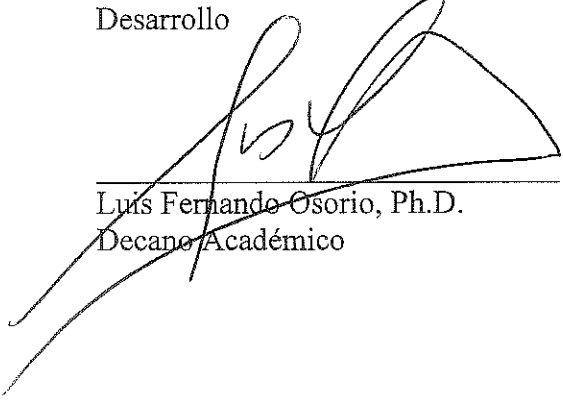
---

Erika Tenorio Moncada, M.Sc.  
Directora  
Departamento de Ambiente y  
Desarrollo



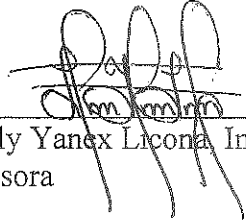
---

Josué Anibal León, Ing.  
Asesor



---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Decano Académico



---

Lesly Yanex Licon, Ing.  
Asesora

## **Evaluación de la germinación y crecimiento de Teca (*Tectona grandis*) de cuatro fuentes semilleras**

**John Kevin Villacis Vargas**

**Resumen.** El éxito de una plantación forestal depende de la calidad de las plantas que se lleven al campo. La nutrición y el manejo en la fase de vivero son parte fundamental para lograr plántulas de calidad. Este estudio evaluó el comportamiento de cuatro diferentes fuentes de germoplasma de teca. Las fuentes de germoplasma analizadas fueron tres rodales semillero y un huerto semillero, con procedencia de Guanacaste, Costa Rica. Se analizaron parámetros germinativos y de crecimiento en plántulas de teca durante la etapa de vivero. El estudio se realizó entre mayo a agosto del 2019 en el vivero de la Unidad de Forestales de Zamorano, Honduras. Se estudió el comportamiento durante la germinación y el desarrollo de las plantas en tubetes y bolsas de crecimiento. Durante la fase de germinación se cuantificó el poder germinativo y tiempo promedio de germinación. Para el análisis del crecimiento de las plantas en los tubetes y bolsas plásticas, se midieron la altura y el diámetro al cuello de la planta. En ambas fases se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar, con una prueba de medias LSD Fisher. Se encontró que el día 14 es el tiempo óptimo para la fase de germinación para todas las fuentes de germoplasma evaluados. Durante la fase de crecimiento en bolsa, no se encontraron diferencias entre el huerto semillero y dos de los rodales semilleros.

**Palabras clave:** Crecimiento inicial, fertilización, fuente semillera, plántulas, rendimiento.

**Abstract.** The success of a forest plantation depends on the quality of the plants that are taken to the field. Nutrition and management in the nursery phase are a fundamental part of achieving quality seedlings. This study evaluated the behavior of four different sources of teak germplasm. The germplasm sources analyzed were 3 seedlings and a seedbed, from Guanacaste, Costa Rica. Germinative and growth parameters were analyzed in teak seedlings during the nursery stage. The study was conducted between May and August of 2019 in the nursery of the Forestry Unit of Zamorano, Honduras. The behavior during germination and development of plants in tubes and growth bags was studied. During the germination phase the germination power and average germination time were quantified. For the analysis of the growth of the plants in the tubes and plastic bags, the height and diameter at the neck of the plant were measured. In both phases, a Random Complete Blocks design was used, with a LSD Fisher means test. It was found that day 14 is the optimal time for the germination phase for all germplasm sources evaluated. During the growth phase in the stock market, no differences were found between the orchard and two of the seed stands.

**Key words:** Fertilization, initial growth, yield, seedbed, seedlings.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figura y Anexos .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>17</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>21</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Poder germinativo de semillas de teca ( <i>Tectona grandis</i> ), a los 30 días de iniciado el proceso.....	6
2. Tiempo promedio inicial de germinación de las diferentes fuentes.....	7
3. Ecuaciones según la fuente de semilla.....	9
4. Resultado de los análisis de sustrato turba de la unidad de forestales.....	12
5. Relación de las fuentes con su variable dasométrica, diámetro y altura .....	14

Figuras	Página
6. Comportamiento de la germinación de las fuentes a los 30 días.....	8
7. Gráfica de germinación de semillas de Teca ( <i>Tectona grandis</i> ).....	8
8. Curvas de producto medio y producto marginal para la fuente F12.....	10
9. Curvas de producto medio y producto marginal para la fuente F20.....	11
10. Curvas de producto medio y producto marginal para la fuente F30.....	11

Anexos	Página
1. Infraestructura del germinador .....	21
2. Rotulación e identificación de las fuentes semilleras.....	21
3. Herramientas analíticas para preparación de fertilización.....	22
4. Preparación de los tubetes con los diferentes sustratos.....	22
5. Morfología de las plántulas .....	22
6. Plantulas de teca .....	22
7. Invernadero y sistema de riego.....	23
8. Resultado de análisis del sustrato .....	23
9. Ecuaciones para establecimientos de óptimos técnicos.....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de teca comenzó en la India en el decenio de 1840 y alcanzó niveles significativos a partir de 1865. El primer país fuera de Asia donde se introdujo la teca fue Nigeria en 1902 y posteriormente en la región Tropical de América, específicamente en Trinidad y Tobago en 1913. Luego se extendió a Honduras, Panamá y Costa Rica entre 1926 y 1929 (Weaver, 1993). Siendo estos los promotores de las plantaciones de esta especie en Latinoamérica.

El comercio de productos forestales ha crecido de manera significativa en los últimos 50 años. Los principales productos comercializados son la madera en rollo y procesamiento para producción de pulpa, tablas y paneles (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016). La producción mundial de maderas en 2017 la lideró Europa (590 millones de m<sup>3</sup>), seguido de América del Norte (514 millones de m<sup>3</sup>), Asia-Pacífico (459 millones de m<sup>3</sup>), América Latina y el Caribe (237 millones de m<sup>3</sup>) y África (73 millones de m<sup>3</sup>).

La demanda de madera de teca está motivada principalmente por sus propiedades físico-mecánicas que combinan dureza, estabilidad, color atractivo, resistencia al deterioro y facilidad de trabajo. Esto ha creado un mercado muy lucrativo, impulsado principalmente por las cualidades de la madera y su amplia utilización en productos de la industria (Briscoe, 1995). El comercio de la teca destaca la India como el principal mercado importador de teca de madera rolliza en el mundo, tanto en valor (USD 522,689 millones) como en cantidad (928,132 m<sup>3</sup>). Solamente India representa el 74% del mercado de la teca alrededor de mundo (Kollert & Kleine, 2017).

El uso de técnicas biotecnológicas es una valiosa herramienta debido a la obtención de un gran número de plantas desde la reproducción convencional o no convencional. Existen dos formas de propagación de la teca, sexual y asexual. La propagación por semilla o propagación sexual es una técnica que va precedida de programas de mejoramiento (Vindhya, Álvarez-gonzález, & García, 2014). La propagación sexual emplea las semillas como su principal fuente de material genético. Una semilla es un óvulo maduro, que contiene un embrión con reserva almacenada y sus cubiertas protectoras. Esta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. (Díaz & Gian, 2016).

Por otro lado, la propagación asexual puede darse de diferentes formas, siendo el uso de clones de árboles plus uno de los más empleados. Un árbol plus es aquel individuo que ha mostrado características fenotípicas superiores después de un proceso de evaluación. Al final se selecciona como progenitor en el programa de mejoramiento hasta la realización de ensayos de procedencias (Bello & Navarrete, 1997).

Junto a esto, los diferentes materiales genéticos para la producción masiva de plántulas son huerto semillero y rodal semillero (Salazar & Soihet, 2001). Un huerto semillero es una plantación de clones o progenies seleccionadas, destinada a la producción abundante de semilla de buena calidad genética, aislada de polen extraño y donde la recolección sea fácil. Mientras que, un rodal semillero se define como un grupo de árboles de la misma especie, que es mejorado mediante la remoción de individuos indeseables y manejado para estimular la producción pronta y abundante de semilla (Ottone, 2005).

La importancia de evaluar el comportamiento de semillas procedentes de huertos o rodales semilleros, radica en la presencia de fenotipos con un alto rendimiento forestal en diferentes sitios geográfico y altitudinales. Los huertos semilleros presentan ganancias genéticas de 5.52; 17.50; 41.71 y 9.59%, para el diámetro, altura, volumen y calidad del fuste, respectivamente (Monsalvo, García, Hernández, Upton, & Mata, 2003). En cambio, los rodales semilleros normalmente produce semilla de buena calidad  $\leq 5\%$  mejor que la semilla común, los resultados sugieren un progreso genético importante de la teca (Gutiérrez Vázquez et al., 2016). La elección de los rodales semilleros se basa en el principio de selección, por medio del cual se obtienen ventajas al escoger de manera directa características que proporcionen mayores beneficios como la conformación del arbolado, vigor y producción de semilla (Gutierrez, 2017).

La tecnología de producción de plántulas en vivero requiere del uso de envases para contener el medio de crecimiento. Tradicionalmente se han empleado bolsas de polietileno, pero en los últimos años se han vuelto más comunes el uso de tubetes de polipropileno. Estos traen varias ventajas comparativas. Primero emplean una menor proporción de suelo comparado con las bolsas de polietileno, además son más amigables con el ambiente, ya que no generan desechos.

El contenedor determina el tamaño que podrá alcanzar la planta, ya que definen la disponibilidad de agua y nutrientes. Está muy ligado a la calidad morfológica y fisiológica de las plantas que depende a su vez, del modo en que éstas son cultivadas en el vivero (Driessche, 1992). Por lo tanto, el buen desarrollo de las plántulas se basa en un uso adecuado de los envases.

Se espera que este estudio permita a la unidad de forestales evaluar el uso potencial de las diferentes fuentes de semillas seleccionadas, evaluando el comportamiento de las cuatro fuentes de teca en sus fases de germinación y crecimiento en vivero para producción de plántulas de buena calidad. Para esto se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el tiempo óptimo para la recolección de brotes de teca durante la fase de germinación.
- Determinar la fuente con mayor efecto positivo en las variables de crecimiento estudiadas.



## 2. METODOLOGÍA

### **Localización del sitio estudio.**

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. El vivero de Zamorano está ubicado en el Valle del Yeguaré, a 30 km al este de Tegucigalpa carretera a Danlí. La investigación se realizó entre los meses de mayo hasta agosto del 2019. Cuenta una precipitación anual promedio de 1,100 milímetros y una temperatura anual media de 24.2 °C. El ecosistema de la región está caracterizado como bosque seco subtropical (Holdridge, 1987).

**Procedencia de las semillas.** Las semillas de teca provienen del cantón Peña Blanca, Costa Rica. Las semillas se identificaban con código: Huerto semillero con código de identificación 02018112TEC-01. Las tres fuentes diferentes de rodal semillero con códigos de identificación respectivos 02015112TEC-30, 02016112TEC-12 y 02015112TEC-20. Para fines del presente estudio las fuentes fueron nombradas F01, F12, F20 y F30.

**Tratamiento pre germinativo.** Previo a la siembra de la semilla se aplicó la técnica de escarificación mecánica que consistió en quitarle el pericarpio, después de aplicada este procedimiento se procedió a sumergirla en agua a temperatura ambiente en horas de la noche y en el día se expuso al sol durante cuatro días consecutivos (Sánchez-Soto et al., 2016).

**Desinfección del sustrato.** Se usó arena como medio de germinación principalmente por su disponibilidad. La vía para reducir la carga microbiana de la arena fue aplicándole 20 litros de agua hervida a una temperatura de 100 °C y dejándola reposar un período de 24 horas. La influencia de los sustratos sobre la germinación de semillas en las especies forestales ha tenido una atención especial, en un intento por encontrar el óptimo para cada una de las especies (Vega, 1986).

**Siembra de la semilla.** La semilla fue sembrada en el sustrato previamente desinfectado a una profundidad dos veces su tamaño (Valdez-Eleuterio et al., 2015), en parcelas rotuladas y separadas para su posterior identificación y recolección de los datos. Están eran regadas cada día manteniendo el sustrato a capacidad de campo. Se realizó la siembra el 22 de mayo del 2019, en un germinador de madera el cual contaba con cubierta y paredes de plástico transparente.

**Evaluación de la germinación.** Se realizaron conteos diarios durante un mes de plántulas germinadas y emergidas. La semilla se consideraba germinada cuando los cotiledones emergían del sustrato (International Seed Testing Association, 2018).

**Poder germinativo.** Es el porcentaje de semillas que germinaron en un determinado periodo de tiempo en cada una de las parcelas. Esta evaluación se realizó en un período de 30 días con la ecuación 1.

$$PG \frac{\text{Número total de semillas germinadas por parcela}}{\text{Número de semillas sembradas por parcela}} \times 100 \quad [1]$$

**Estimación de ecuaciones.** Se estimaron ecuaciones cuadráticas para explicar la germinación en función del tiempo. Las regresiones resultantes fueron obtenidas a partir de los datos recolectados de germinación corriente diaria. Se usó las opciones de estadística del programa Excel para obtener las ecuaciones. Se evaluó mediante el  $R^2$ , el coeficiente determina la calidad de una función o modelo para intentar replicar los resultados dado que el objetivo principal del  $R^2$  es el de predecir futuros resultados.

**Prueba crecimiento en tubetes.** Para los niveles de fertilización  $5 \text{ kg/m}^3$ ,  $6 \text{ kg/m}^3$ ,  $7 \text{ kg/m}^3$  y finalmente  $8 \text{ kg/m}^3$ . Se utilizó el producto comercial *Fastrac*, fertilizante de liberación lenta, el cual se aplicó en la primera etapa del estudio en plántulas. Esta aplicación se realizó de manera manual aplicándola en los tubetes con las plántulas. Junto a esto, se inoculó con Micoral, el cual es un producto usado como inoculante de micorrizas. Para cada uno de los niveles de fertilización se tomó como referencia el proyecto Georeforesta realizado en la Unidad de Forestales y para Micoral se tomó como referencia lo que menciona las especificaciones de aplicación. Se realizó una sola aplicación en las diferentes fuentes semilleras. Los niveles de fertilización por fuente semillera se compararon con un testigo al cual no se fertilizante. Se realizó el riego mediante nebulizadores automáticos durante una hora empezando desde las 6:00 a.m. y 12:00 m.

**Trasplante.** A los 35 días de la siembra, se inició el proceso de trasplante a los tubetes de  $400 \text{ cm}^3$  y a las bolsas de polietileno. El sustrato empleado era una mezcla de 60% turba, 20% vermiculita y 20% perlita. Una vez expandida la turba, la vermiculita y perlita sobre un plástico, se realizó manualmente una mezcla lo más homogénea posible. Una vez realizado el llenado se realizó un trasplante directo en donde se abrieron pequeños huecos de 10 cm de profundidad para cada una de las plántulas. El área que ocupan los tubetes con cada regleta contenedora fue de  $24 \text{ m}^2$ .

**Mediciones.** Los atributos medidos fueron los más frecuentes en el control de plántulas forestales que son diámetro y altura (Rojas, 2002). La altura, entendida como la longitud desde el cuello de la raíz hasta la yema apical, se midió con una cinta métrica semirrígida. El diámetro del cuello de la raíz, entendido como el punto de inserción de la planta en el sustrato, se midió con un calibre digital o pie de rey (Mitutoyo,  $e = \pm 0.01 \text{ mm}$ ). Tanto la altura como el diámetro se midieron en dos ocasiones (junio, agosto) a la totalidad de las plantas.

**Diseño experimental.** En la primera parte de la investigación, se estudió la germinación diaria como factor de estudio de las fuentes de semillas. Para lo cual se usó el diseño experimental de bloques completos al azar (BCA), donde la fuente de variación fueron las

diferentes fuentes de semilla, este constaba de cuatro tratamientos y tres repeticiones, con un total de 12 unidades experimentales. Cada bloque contaba con 50 semillas por repetición.

Para la evaluación del crecimiento de las plántulas en los tubetes, se usó un diseño factorial Completamente al Azar de  $4 \times 4 \times 2$  con 160 unidades experimentales. Los factores de estudio fueron las fuentes semilleras con cuatro niveles, niveles de fertilización con cuatro niveles e inoculación de micorrizas dos niveles.

Para la evaluación del crecimiento de las plántulas en bolsa se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar dentro de los diferentes bancales de plántulas previamente rotuladas. Cada bloque contaba con 30 plantas por repetición para cada una de las fuentes de semilla. Fueron considerados como bloques la ubicación de la planta dentro del bancal, dividiéndose en tres tercios, dos exteriores y un central.

**Análisis estadístico.** Se utilizó una prueba de Shapiro-Wilk ( $\alpha \geq 0.05$ ) para evaluar la normalidad de los datos. Después se realizó un ANDEVA de dos vías para, luego se realizó una ANDEVA de tres vías con el programa estadístico InfoStat versión 2018. Finalmente se realizó una prueba LSD Fisher post hoc ( $\alpha = 0.05$ ) entre cada tratamiento para determinar diferencias significativas entre ellos, ( $P \leq 0.05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Parámetros germinativos.

Se encontró que el máximo porcentaje de germinación se obtuvo de la fuente F12 con 40 semillas germinadas, equivalente al 80.67% y el porcentaje mínimo para la fuente F01 con 3 semillas germinadas representando un 6.67% (Cuadro 1). Por otro lado, las fuentes 12 y 30 no muestran diferencias significativas entre sí. De acuerdo con Pastorino & Gallo (2000) la variación del Poder Germinativo (PG) podría ser el resultado de diferencias genéticas entre las fuentes, estado de madurez, manejo y almacenamiento de las semillas. Para el poder germinativo (PG), las categorías fueron definidas de acuerdo con los siguientes rangos: Alto: > 66.6%, Medio: entre 33.3 y 66.6% y Bajo: < 33.3% (Correa, Espitia, Araméndiz, Murillo, & Pastrana, 2013).

Cuadro 1. Poder germinativo de semillas de teca (*Tectona grandis*), a los 30 días de iniciado el proceso.

Fuente	Medias	Muestra	Error Estándar
F12	0.81 <sup>a</sup>	3	0.07
F20	0.63 <sup>ab</sup>	3	0.07
F30	0.55 <sup>b</sup>	3	0.07
F01	0.06 <sup>c</sup>	3	0.07

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.23667

Error: 0.0158 gl: 8

Un estudio realizado por Herrera (2006) mostró que la arena es el sustrato que permite a la semilla tener un mayor porcentaje de germinación acumulada a partir de la emergencia de las plantas. Sin embargo, la fuente F01 (Huerto semillero) presentó una germinación estadísticamente diferente al resto. También, de acuerdo con Semillas y Bosque Mejorados SA (2019) el porcentaje de germinación de la fuente F01 es de 50%. Los bajos porcentajes de germinación se pueden atribuir a diferentes factores endógenos: un pericarpio grueso que limita la absorción de agua y oxígeno por parte de la semilla, inmadurez fisiológica de la semilla, inhibidores químicos presentes en el pericarpio y desbalances hormonales después de la maduración. La principal causa que evita la germinación de la semilla de teca es el grosor del pericarpio, que no se ablanda lo suficiente para permitir el desarrollo de las células del embrión (Kadambi, 1993).

La semilla de teca es ortodoxa, esto significa que puede almacenarse con contenidos de humedad de 6 a 7% y temperaturas  $\leq 0$  °C. Tales condiciones permiten mantener la viabilidad por varios años. Sin embargo, estas semillas también presentan algún tipo de latencia reduciendo su poder de germinación (Fierros, Noguéz, & Velasco, 1999).

No se encontró diferencia estadísticamente significativa en el día que comenzaron a germinar las plántulas por cada una de las fuentes de semilla (Cuadro 2). Cada bloque de semillas germinó entre el día cinco y siete. Esto reduce el riesgo del fracaso en el establecimiento mediante la distribución de la germinación en el tiempo. De acuerdo con El Semillero (2008), en semillas procedentes de Costa Rica, la germinación inicial promedio se encuentra dentro de la primera semana. Este permite establecer la relación entre capacidad y tiempo de germinación para determinar cuál fuente tiene mayor velocidad, lo cual nos permite justificar y delimitar la germinación mínima, máxima y óptima (Gonzales & Orozco, 1996).

**Cuadro 2. Tiempo promedio inicial de germinación de las diferentes fuentes.**

<b>Fuente</b>	<b>Medias</b>	<b>Muestra</b>	<b>Error Estándar</b>
F30	10.33 <sup>a</sup>	3	1.76
F20	8.33 <sup>a</sup>	3	1.76
F12	8.33 <sup>a</sup>	3	1.76
F01	5.67 <sup>a</sup>	3	1.76

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.75218

Error: 9.3333 gl: 8

La curva de germinación diaria (Figura 1) muestra los picos de plántulas en donde se encuentra la mayor germinación en la fuente F12 y F30, teniendo seis plántulas germinadas por día. Se puede observar que la germinación comenzó desde el día cinco hasta el día 14 que comenzó a disminuir. El rango de germinación se encuentra entre los 20-30 días (Fierros, Noguéz, & Velasco, 1999). En contraste con la literatura encontrada se pudo observar que la germinación promedio para las fuentes originadas en rodales semilleros (F12, F20 y F30) estuvo entre los 14 - 24 días. Una de las razones de este patrón es la reducción de la capacidad inhibitoria de compuestos fenólicos presentes en el tegumento seminal y semilla (Duarte, 2014).

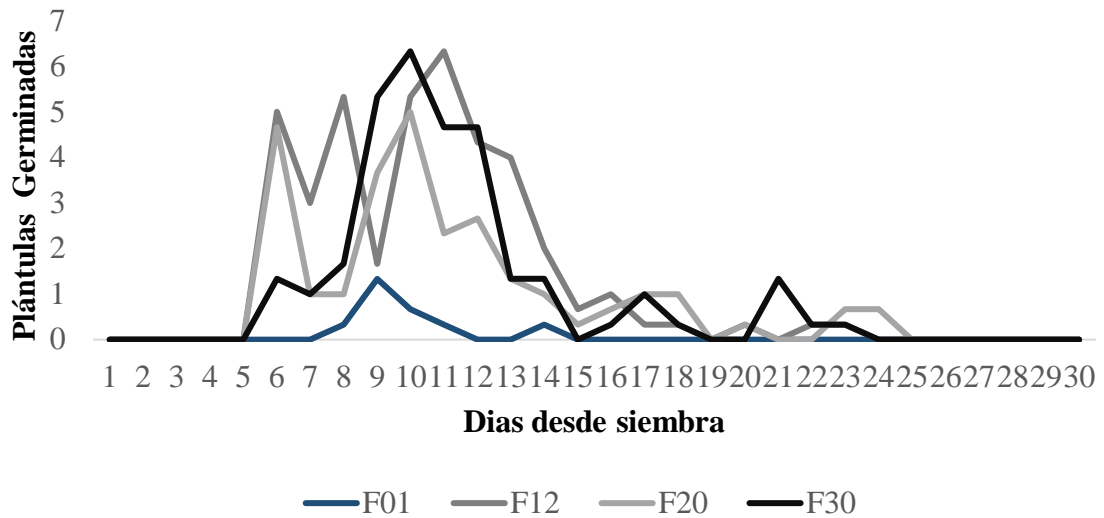


Figura 1. Comportamiento de la germinación de las fuentes a los 30 días.

La producción de plántulas a partir de semillas produce mucha variabilidad al momento de germinar. Debido al mejoramiento genético se presenta una base amplia de los mejores individuos seleccionados mediante procesos naturales artificiales. Este proceso de selección debe garantizar la herencia de las características deseadas en los individuos. Esto nos permite describir la distribución de la germinación en el tiempo para determinar qué tan cercana es a una distribución normal y a su vez determinar el punto máximo de germinación.

Los resultados del análisis de la muestra indican que la mayor cantidad de plántulas germinadas fue de la fuente F12 (Figura 2). Se observa que a medida que el tiempo va pasando, decrece la velocidad de germinación. Se alcanza un punto de inflexión de la curva donde el producto marginal alcanza su nivel máximo, en el día 24.

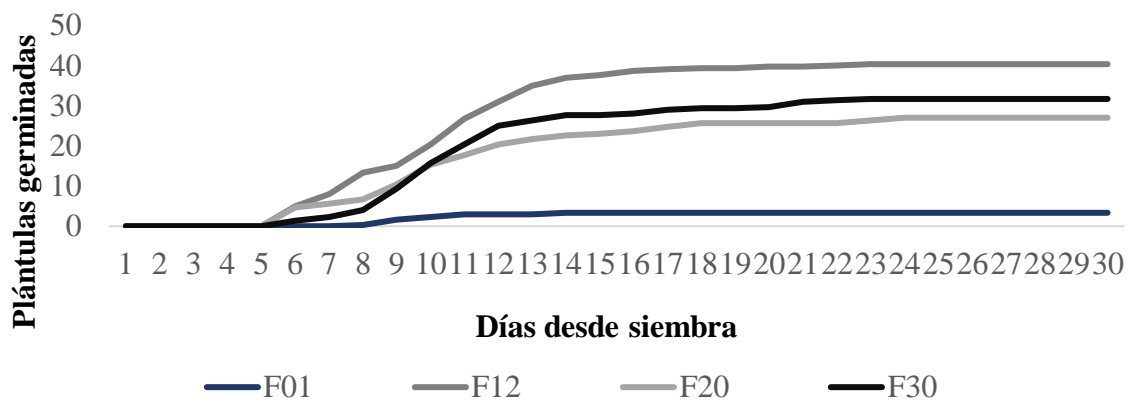


Figura 2. Gráfica de germinación de semillas de Teca (*Tectona grandis*).

Existe literatura que menciona un rango promedio de germinación, pero el dato es orientativo y aunque es ampliamente usado, tiene una precisión baja (Monges, 2011). Por lo tanto, los resultados, puede depender de muchas otras variables lo cual podrían ser significativamente más altos o bajos del promedio mostrado. Al no tener otra fuente de contraste de la información, aún con estas limitantes, los datos resultan útiles para cálculos de producción y costos en los viveros.

Las ecuaciones obtenidas para estimar la cantidad de semillas germinadas en función del tiempo se presentan en el Cuadro 3. En todos los casos analizados el ajuste fue alto, con  $R^2$  superiores a 0.85. De acuerdo con la teoría económica, el signo negativo que antecede al parámetro  $A^2$  indica la presencia de una función de producción con rendimientos marginales decrecientes. Por tanto, la añadidura progresiva de los factores productivos (tiempo) conduce “A” incrementos cada vez menores en el número de brotes, hasta el punto a partir del cual éste empieza a decrecer (Martínez Martínez, 2002).

Cuadro 3. Ecuaciones según la fuente de semilla.

Fuente de germoplasma	Ecuación	$R^2$
F01	$Y = -0.009X^2 + 0.4186X - 1.3043$	0.8856
F12	$Y = -0.0929X^2 + 4.5271X - 13.325$	0.9501
F20	$Y = -0.0551X^2 + 2.8003X - 8.0314$	0.9591
F30	$Y = -0.0648X^2 + 3.3528X - 10.846$	0.9294

El modelo con transformación polinómica permite determinar a través de la primera derivada la germinación diaria corriente (GDC). Este criterio ayuda a estimar el día óptimo de cosecha. A través de la pendiente de la curva de germinación, que comienza a presentar la ley de rendimientos decrecientes. Indicando que por cada incremento en día el crecimiento marginal de una plántula es menor al anterior (Portillo Vázquez et al., 2015).

La ecuación de producción es de un solo insumo donde la incógnita de respuesta es el número de brotes y la variable independiente es el tiempo (Morales & Rebollar-Rebollar, 2015). El óptimo técnico económico se producirá en el nivel de utilización del insumo que aporte el mayor volumen de producción por unidad. Una vez determinada la función, es posible indicar que la producción en un inicio tendrá un crecimiento rápido a medida que aumenta el suministro del insumo variable (tiempo), se llegará a un punto donde el número de plántulas tenderá a decrecer a niveles no satisfactorios, en éste se obtendrá el máximo técnico (Rebollar-Rebollar et al., 2008).

La ecuación permite obtener el punto óptimo del incremento marginal de la germinación. Este punto se obtiene igualando la segunda derivada de la ecuación (Producto Marginal) con la germinación promedio (Producto Medio). Cabe recalcar que no hay muchas investigaciones sobre el tiempo de recolección de los brotes, y que para el caso de teca es

importante establecer puntos óptimos de recolección de brotes, debido al amplio rango del tiempo de germinación de la especie.

El principio de los rendimientos marginales decrecientes se relaciona con las cantidades de producto que pueden obtenerse, cuando crecientes cantidades de insumos (días) son incorporados al proceso productivo (biológico). Esto establece que se encontrará un punto donde los incrementos de producto (plántulas) obtenidos resultan cada vez menores. La producción promedio de cada plántula en función de los 30 días es de 1.34 brote, siendo este su eficiencia de 34.44%. En comparación con la germinación a los 14 días se obtiene 2.64 brotes por día siendo esta su eficiencia de 188.09%. El día 14 es el óptimo técnico en función de los insumos (días), debido a que la curva de producción promedio intercepta con la curva de producción marginal. Posterior a este punto tanto la productividad media como marginal comienza a descender (Figura 3).

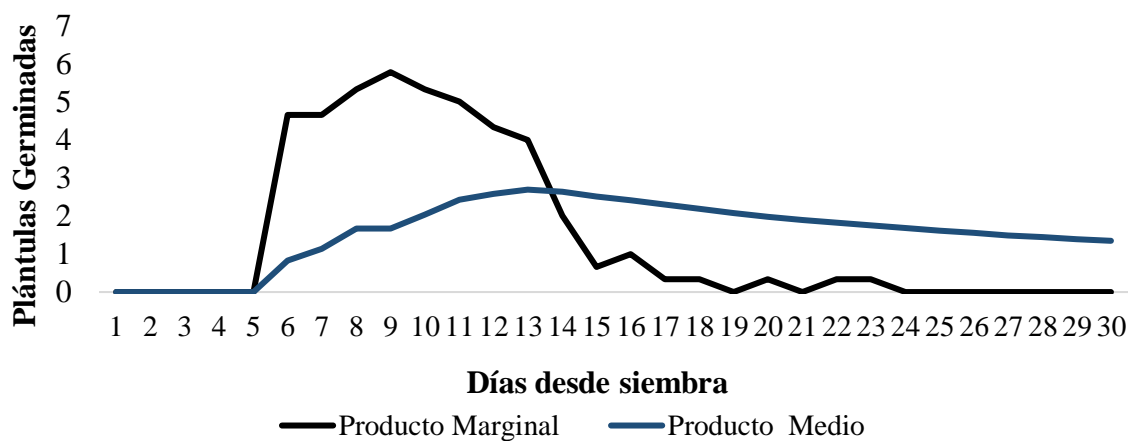


Figura 3. Curvas de producto media y producto marginal para la fuente F12.

Para la fuente F20 y F30 (Figura 4 y 5) el producto medio alcanza el nivel más alto en la décima tercera día; después los incrementos son pequeños y la curva comienza a declinar, para ubicarse en el vigésimo cuarto día. El incremento del valor del producto marginal es mayor que el valor del producto medio y alcanza su máximo en el día nueve con cuatro brotes, en el sexto y décimo día. Después de ese nivel, la obtención de producto total por insumo variable utilizado es cada vez menor.



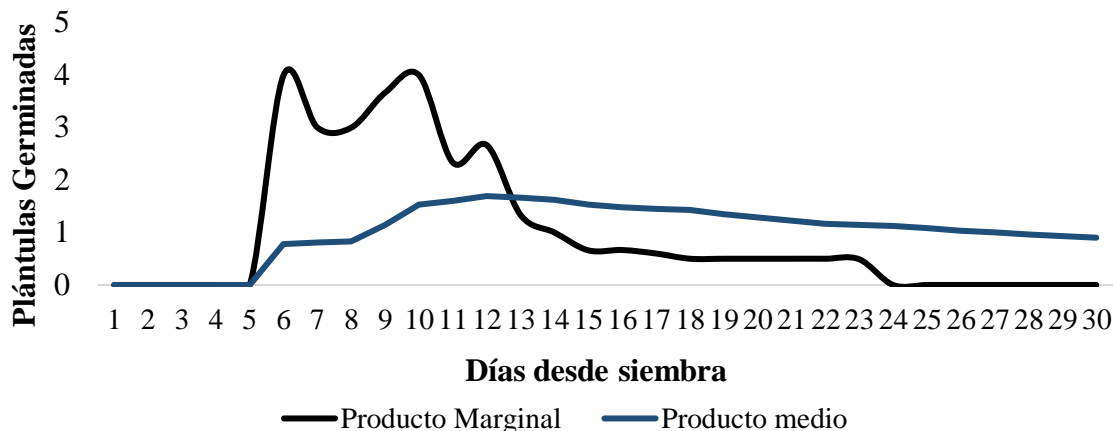


Figura 4. Curvas de producto medio y producto marginal para la fuente F20.

El punto donde se cruzan ambas curvas es cercano al decimocuarto día, es decir, cuando ya han pasado dos semanas desde la siembra de las semillas. En este punto es donde termina la etapa I de la función de producción, que se caracteriza por una mayor velocidad de transformación del insumo variable en producto total. Además, el producto físico marginal se encuentra por arriba del producto medio. En la etapa II es mayor la efectividad del insumo variable, es decir el producto físico marginal disminuye por abajo del producto medio.

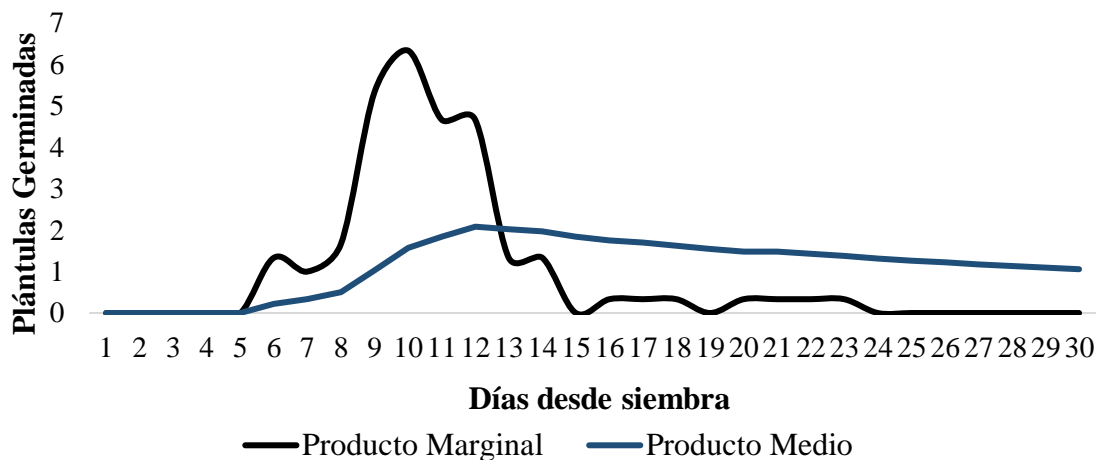


Figura 5. Curvas de producto medio y producto marginal para la fuente F30.

En la segunda parte del experimento, se tuvieron diferentes factores de estudio que son: fuentes de semilla, niveles de fertilización e inoculación de micorriza. Sin embargo en esta parte del ensayo no se obtuvo el resultado esperado. Las plantas presentaron una alta mortalidad y poco crecimiento. Esto se debió principalmente por problemas con el pH del sustrato turba, el cual tenía un nivel de acidez de 4.37 (Cuadro 3).

La teca prospera mejor en suelos (sustratos) con un pH entre 6.5 - 7.5; por debajo de un pH de 6.0 se crecimiento puede verse limitado, al igual que con pH mayores a 8.5. El pH del suelo es uno de los factores más importantes que limitan su distribución (Herrera & Alvarado, 1998). El suelo debe tener un máximo de saturación de aluminio del 10%, al menos 2.5 Cmol (+) Ca + Mg dm<sup>-3</sup>, una saturación de bases del 65% y un pH de 6 (De Oliveira, 2003). Esta variable puede determinar desde el punto de vista biológico el tipo de organismo que se desarrolle sobre un suelo, debido a su significativa influencia sobre la disponibilidad de nutrientes (Barbaro, Karlanian, & Mata, 2014). El pH reduce el crecimiento de las plantas, por la disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos como Ca (calcio), Mg (magnesio), K (potasio) y P(fosforo). Además, las raíces se acortan y engrosan, afectando posteriormente la habilidad de la planta en la absorción de agua y de nutrientes, y posteriormente incrementando su tasa de mortalidad (Johnson, 2002).

Cuadro 4. Resultado de los análisis de sustrato turba de la unidad de forestales.

Muestra	g/100g				mg/kg(extractable)			
	pH	C.O.	M.O.	N	P	K	Ca	Mg
Turba	4.37	55.68	96.01	1.35	6	162	9692	529
Rango Medio				2	0.2	13	Por: Saturación de bases	
				4	0.5	30		

pH: 1:1 en agua.

C.O.: Método de Walkey & Black. N: 5% de M.O.

P: Solución extractora de Mehlich.

K, Ca, Mg, y Na: Solución extractora de Mehlich.

La nutrición deficiente de las plantas hace que éstas crezcan con lentitud en el vivero y en el campo por lo tanto sean más sensibles a las enfermedades. Si el pH del sustrato se encuentra en el rango óptimo la mayoría de los nutrientes mantiene su máximo nivel de solubilidad. Lo cual por debajo de este rango, pueden presentarse deficiencias de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. La buena respuesta de la teca en presencia de CaCO<sub>3</sub> + NPK, corrobora que esta especie es muy sensible a la disponibilidad de Ca y Mg (Alvarado & Fallas, 2004). También, conlleva a la disminución de la solubilidad del fósforo y del molibdeno y el descenso de la concentración de macronutrientes en la solución del sustrato y en la planta causa una alteración del metabolismo general, especialmente inhibiendo el crecimiento radical, lo cual tiene como consecuencia una reducción en la toma de agua y nutrientes (Drechsel & Zech, 1991).

Los síntomas de exceso de calcio son el “achaparramiento” y el crecimiento mínimo en todos los meristemas. En casos severos, las yemas terminales pueden morir o detener su elongación. Para las especies latifoliadas tienden a exhibir quemaduras de las puntas y clorosis de las hojas más nuevas. La aparición de una tonalidad café y la muerte de las

puntas de las raíces también es común. El caso de magnesio presenta hojas con puntas amarillas o anaranjadas. Las especies latifoliadas, frecuentemente exhiben necrosis internerval en las hojas (Thomas, 1989). El fósforo, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. También, es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos que forman los puntos de crecimiento de la planta.

El producto usado como inoculante de micorrizas fue Mycoral<sup>®</sup>, el cual se agregó 200 g de Mycoral<sup>®</sup> por plantula. Mycoral<sup>®</sup> es un producto biológico, 100% natural y ecológico. Este está compuesto por un sustrato de suelo de textura franca, esporas e hifas del hongo y segmentos de raicillas infectadas. Este producto comercial Mycoral contiene tres géneros de micorrizavesículo-arbusculares (*Glomus sp*, *Acaulospora sp* y *Entrophospora sp*) en forma de esporas, hifas y raicillas infectadas. Sin embargo se recalca que el pH ácido afecta negativamente, ya que se desarrolla en un rango de 5 hasta 7.5 (Wilches, 2004). Por lo tanto por efecto del pH del sustrato, las micorriza no es funcional como inoculante. Por lo tanto como efecto del pH del sustrato se redujeron los factores de estudio. Los niveles de fertilización e inoculación de micorriza se eliminaron de la investigación, reduciendo así a un factor de estudio donde se midieron variables dasométricas considerando solo las fuentes.

### **Variables Morfológicas.**

El crecimiento de las plántulas es un fenómeno de incremento en tamaño que experimentan las raíces, el tallo y las ramas. Esto sucede a consecuencia de la división celular que se lleva a cabo en zonas especializadas donde se producen nuevas células, a estas zonas de crecimiento se les conoce como meristemos. El crecimiento en longitud o crecimiento primario es producto de la actividad del meristemo apical, el cual se encuentra en el ápice de tallos, ramas y raíces. Mientras que el crecimiento en diámetro o también llamado crecimiento secundario es el resultado de actividad del meristemo lateral llamado cámbium, localizado entre el floema y xilema del tallo, ramas y raíces principales (Kramer & Kozlowski, 1979).

Se encontró que la fuente F20 fue la que estadísticamente tiene diferencias significativas con relación a diámetro y altura de plántula (Cuadro 5). Ambas variables son un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. La teca por ser una especie heliofita demanda alta presencia de luz. La densidad es un factor primordial porque la cercanía entre plantas es un factor de competencia por luz, lo cual se considera de particular importancia para las especies tropicales con follajes más frondosos que las especies de coníferas (que se producen en condiciones de altas densidades) (Negreros-Castillo & Apodaca-Martinez, 2010).

Adicional a lo anterior, el tamaño de las semillas puede variar en la misma especie, dependiendo de la procedencia. Esto significa en términos prácticos, que puede haber variaciones en la recomendación de densidad por procedencia. Los parámetros mencionados en producción de raíz cubierta mencionan que una planta ideal debe tener una altura entre 25 - 35 cm y un diámetro mayor a 5 mm. El efecto de una buena elección de la densidad es la producción de plántulas con mejor desarrollo y vigor. Debe recordarse la importancia de llevar una planta a campo con un sistema radicular bien desarrollado dado

que tendrán una mayor posibilidad de adaptación y presentará menor mortalidad (Navarrete, 2012). Las oportunidades para que las plántulas crezcan más que el promedio debido a la luz producida, son en realidad raras. Así un ambiente de muy poca luz, el crecimiento de las plántulas es muy lento con eventos de crecimiento mayor sólo según la frecuencia de extracción de las plántulas cercanas a estas (Gentry & Terborgh, 1990).

Cuadro 5. Relación de las fuentes con su variable dasométrica, diámetro y altura.

<b>Fuente</b>	<b>Medias (mm) Diámetro</b>	<b>Muestra</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Muestra</b>	<b>Medias (cm) Altura</b>	<b>Error Estándar</b>
F20	10.83 <sup>a</sup>	30	0.27	30	31.93 <sup>a</sup>	0.89
F12	9.37 <sup>b</sup>	30	0.27	30	26.00 <sup>b</sup>	0.89
F01	8.86 <sup>b</sup>	30	0.27	30	23.53 <sup>b</sup>	0.89
F30	8.75 <sup>b</sup>	30	0.27	30	17.53 <sup>c</sup>	0.89

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.75410

Error: 2.1744 gl: 116

## 4. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos muestran la importancia de la elección del material genético, el mayor porcentaje de germinación de semillas de teca fue obtenido de la fuente F12, a los 30 días de evaluación y un valor de germinación de 80.67%.
- La recolección de los brotes de la fuente F12 representa el óptimo técnico el día 14. Debido que a partir de este día los rendimientos por plántulas comenzar a decrecer.
- La fuente F20 se desarrolla mejor en cuanto a diámetro y altura bajo las condiciones actuales de densidad.
- De acuerdo con los resultados, la fuente F20 presentó mejor rendimiento tanto en parámetros germinativos y morfológicos. Esto reduce la posibilidad de fracaso limitada solo por variables edafológicas y climáticas.
- La respuesta de la fuente de huerto semillero F01 a pesar de su mejoramiento genético no presento un buen comportamiento con respecto a parámetros germinativos.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar estudios posteriores exponiendo a las semillas de teca a otros sustratos y otros tratamientos de escarificación para evaluar la influencia en el tiempo de germinación que estos podrían tener sobre las fuentes.
- Encontrar el nivel óptimo de fertilización, se podría tener en consideración que la fertilización tiene un efecto positivo en las variables altura y diámetro del cuello. Esto con el objetivo de evitar utilizar un nivel mayor que no provocará un efecto en el crecimiento de la planta.
- Continuar el estudio en campo, para evaluar la influencia en condiciones no controladas a las fuentes con mejores desempeños en las variables dasométricas y fisiológicas.
- Establecer otras variables para la realización de una ecuación, y así poder determinar otros parámetros que necesite la unidad de forestales.

## 6. LITERATURA CITADA

- Alvarado, A., & Fallas, J. (2004). Efecto de la saturación de acidez y encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona grandis L.f.*) en suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(1) 81-97.
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2014). *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de agricultura, ganadería y pesca.
- Bello, A. B., & Navarrete, M. (1997). Procedimiento de selección de árboles plus de Roble y Raulí. 8.
- Briscoe, C. (1995). *Silvicultura y manejo de Teca, Melina y Pochote*. Turrialba: Catie.
- Callaham, R. Z. (1963). Provenance research: investigation of genetic diversity associated with geography In: Unasylua, Volumen 18 (2-3). *Food and agriculture organization of the United Nations*, Numbers 73-74.
- Correa, E., Espitia, M., Araméndiz, H., Murillo, O., & Pastrana, I. (2013). Variabilidad Genética en semillas de árboles individuales de *Tectona grandis L.f.* en la conformación de lotes mezclados en Córdoba, Colombia. 11.
- De Oliveira, J. (2003). *Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e abudação de povoamentos de teca*. Viçosa: Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa.
- Díaz, S., & Gian, A. (2016). *Crecimiento, sobrevivencia y calidad de plántula de *Aspidosperma schultesii* Woodson, en vivero*. Loreto, Perú: Puerto Almendras.
- Díaz-González, J., Loza Cornejo, S., & Bivian-Castro, E. (2013). Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotanica*, 20.
- Donoso, P. G. (1999). Viverización de raulí, roble y coigüe en Chile. *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. *Bosque vol. 29*(177-244), p. 155-161.
- Drechsel, P., & Zech, W. (1991). Foliar nutrient levels of broad-leaved tropical trees: a tabular review. *Plant and soil vol. 131 no 1*, p. 29-46.
- Driessche, R. V. (1992). *Changes in drought resistance and root growth container seedlings in response to nursery drought, nitrogen, and potassium treatments*, 10.
- Duarte, E. (2014). Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de *Handroanthus heptaphyllus* Tras distintos tiempos de almacenamiento. *Ciencias Agronómicas*, 7.
- El semillero. (20 de Marzo de 2008). Obtenido de El semillero:  
<http://elsemillero.net/nuevo/semillas/teca1.html>
- FAO. (2016). *Datos y cifras globales de productos forestales*, 20.

- Fierros, A., Noguéz, A., & Velasco, E. (1999). *Paquetes tecnológicos para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en ecosistemas de climas templados-fríos y tropicales de México*. México, DF: SEMANARP.
- Gentry, j., & Terborgh. (1990). Composition and dynamics of the Cocha Cashu mature floodplain forest. *neotropical rainforests*, 8.
- Gonzales, L., & Orozco, A. (1996). Métodos de análisis de satos en la germinacion de la semilla, un ejemplo: Manfreda Brachystachya. *BotanicalSciences vol. 58*, 16.
- Gutiérrez Vázquez, N., Cornejo Oviedo, E. H., Rodríguez Santiago, B., López Upton, J., Gutiérrez Vázquez, M. H., Gómez Cárdenas, M., & Flores Montaña, A. (2016). Selección de árboles sobresalientes de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en un rodal natural mediante métodos multivariados. *Revista mexicana de ciencias forestales vol.7*, 7(37), 51-63.
- Gutierrez, B. (2017). ResearchGate. *Rodales semilleros: Opción para la conservación in situ de recursos genéticos forestales en Chiapas, México*, 9.
- Herrera, B., & Alvarado, A. (1998). Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América. San José, CR. *Agronomía Costarricense*, 99-117.
- Herrera, J. L. (2006). Estudio de la germinación y la conservación de semillas de cedro maría (*Calophyllum brasiliense*). *Tecnología en marcha*, 61-72.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. Agroamérica.
- International Seed Testing Association. (2018). The germination test. En D. y. Ducournau, *International Rules for Seed Testing* (págs. 5-56). International Rules for Seed Testing.
- Johnson, C. (2002). Cation exchange properties of acid forest soils of the northeastern USA. *European Journal of Soil Science*, 271-282.
- Kadambi, K. (1993). Silviculture and management of teak. *ndia. Natraj*, 137.
- Kollert, W., & Kleine, M. (2017). The Global Teak Study. *Analysis, Evaluation and Future Potential of Teak Resources*, 107.
- Kramer, P., & Kozlowski, T. (1979). *Physiology of woody plants*. New York: Academic Press.
- Landa, J. A. (2007). Correlación de semillas y plántulas de *Pinus teocote* Schl. Et Cham. de tres procedencias del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 23-27.
- Landis, T., Tinus, R., McDonald, S., & Barnett, J. (1989). *Seedling nutrition and irrigation* (Vol. 4). Washington, DC: Department of Agriculture, Forest Service.
- Martínez Martínez, G. A. (2002). *Introducción a los métodos econométricos*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Monges, A. V. (2011). Tratamiento de temperatura y humedad para incrementar el porcentaje de germinacion en semilla de teca. 65p.
- Monsalvo, V. S., García, J. G., Hernández, J. V., Upton, J. L., & Mata, J. J. (2003). Parámetros genéticos y respuesta a la selección en características del crecimiento de *Cedrela odorata* L. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 19-27.



- Morales, J. L., & Rebollar-Rebollar, S. (2015). Determinación del óptimo técnico y económico en el cultivo de papa de temporal. *Paradigma economico*, 26.
- Navarrete, E. T. (2012). El semillero. *Densidad de siembra en vivero y datos básicos de semilla en proyectos forestales*, 6-12.
- Negreros-Castillo, & Apodaca-Martinez, M. . (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y Bosques*, 7-12.
- Ortega, N., Majada, J., Sanchez-Zabala, J., Rodriguez-Iturrizan, N., Txarterina, K., Duñabeitia, J., & M, A. (2001). Efecto de la fertilización y endurecimiento en vivero en el establecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D.Don. 7.
- Ottone, J. R. (2005). *Arboles forestales: prácticas de cultivo*. Orientación Gráfica.
- Pastorino, M., & Gallo, L. (2000). Variación geográfica en peso de semilla en poblaciones naturales argentinas de “Ciprés de la Cordillera”. *Bosques*, 21(2):95-104.
- Portillo Vázquez, M., Pérez Soto, F., Figueroa Hernández, E., Godínez Montoya, L., Pérez Soto, T., & Barrios Puente, G. (2015). La Función De Producción Cúbica, Su Aplicación En La Agricultura. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 11-33.
- Rao, Y. S. (1991). In Proceedings of the International Teak Symposium. *Keynote address of International Teak Symposium*. India : Kerala.
- Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., Rojo-Rubio, R., González-Razo, J., Mejía-Hernández, P., & Cardoso-Jiménez, D. (2008). Óptimos económicos en corderos Pelibuey engordados en corral. *Universidad y ciencia*, 67-73.
- Rego, f. B. (2005). Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Albizia lebbek*. *Ciência Rural*, 5-35.
- Rojas, F. (2002). Metodología para la evaluación de la calidad de plántulas de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en vivero. *Revista Chapingo*, 8(1), 75-81.
- Salazar, R., & Soihet, C. ( 2001). *Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina*. CATIE.
- Samapudhi, K. (1967). *A Country Report on Teak in Thailand*. Rome: FAO Forestry Paper.
- Sánchez-Soto, B., Pacheco-Aispuro, E., Reyes-Olivas, Á., Lugo-García, G. A., Casillas-Álvarez, P., & Saucedo-Acosta, C. P. (2016). Ruptura de latencia física en semillas de *Caesalpinia platyloba* s.watson. *Interciencia*, 6.
- Semillas y Bosques mejorados, S. A. (2019). *Catalogo de semillas disponibles*. San Jose: Semillas y Bosques mejorados S.A.
- Thomas, L. (1989). Nutrientes Minerales y Fertilización. En T. Landis, T. R.W., S. McDonald, & J. Barnett, *The Container Tree Nursery Manual* (pág. 71). Washington D C: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Dasonomía Estatal y Privada.
- Valdez-Eleuterio, G., Uscanga-Mortera, E., Kohashi-Shibata, J., Martínez-Moreno, D., Torres-García, J., & García-Esteva, A. (2015). Tamaño de semilla, granulometría del sustrato y profundidad de siembra en el vigor de la semilla y plantula de dos malezas. 17-34.

- Varela, S., & Arana, V. (2010). *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos Pre germinativos*, 10.
- Vargas, R. (1996). *Velocidad de emergencia, un parámetro importante para la selección por vigor de semillas de líneas e híbridos de maíz (Zea mays L.)*. Chapingo: Departamento de Fitotecnia.Universidad Autónoma Chapingo.
- Vega, J. (1986). *Revista Veracruzana. Estudio de algunos factores que influyen en la producción de Pinus*, 7.
- Vindhya, T., Álvarez-gonzález, J., & García, O. (2014). *Forest Ecosystem. Developing a dynamic growth model for teak plantations in India*, 10.
- Viveros Viveros, H., Hernández Palmeros, J. D., Velasco García, M. V., Robles Silva, R., & Ruiz Montiel, C. (2015). Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de ciencias forestales vol.6*, 14.
- Weaver, P. (1993). *Reforestation, Nurseries and genetics*. 15-30.
- Wilches, A. A. (2004). Efecto del Biofertilizante Mycoral en el crecimiento fisiológico de plátano con 5 meses de establecimiento en el campo de El Zamorano, Honduras. 32.

## 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Infraestructura del germinador



**Anexo 2.** Rotulacion e identifiacion de las fuentes semilleras



**Anexo 3.** Herramientas analíticas para preparación de fertilización



**Anexo 4.** Preparación de los tubetes con los diferentes sustratos.



**Anexo 5.** Morfología de las plántulas



**Anexo 6.** Plantulas de teca



## Anexo 7. Invernadero y sistema de riego



## Anexo 8. Resultado de análisis del sustrato

LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO		INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS		15Z-F126-1	
ZAMORANO		Sistema de Gestión de Calidad ISO 17025		Muestreo VQA	
Solicitante	Fecha Ingreso Muestra	Fecha Envío Informe	Procedencia de la muestra	Página	
Geof-oriental	2019-04-24	2019-06-21	Itecupalpa	1 de 1	
Dirección del cliente	N° Lote de Análisis	Cultivo	Informe N°	Anexo Recomendación	
Itecupalpa	2019-07	Sustrato	2019-102	Sl:	No: x

Código Interno Lab.	Muestra	pH (H <sub>2</sub> O)	g/100g			mg/Kg (extractable)								
			C.O.	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
19-S-0693	Turba	4.37	55.68	96.01	1.95	6	162	9692	529	ND	0.9	217	17	3.0
ND: NO DETECTADO						Por: Saturación de bases								
Rango Medio			2.00	0.20	13				1.7	56	28	1.7		
			4.00	0.50	30				6.5	112	112	8.4		

Métodos: K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. % Carbono Orgánico: Método de ignición.

El laboratorio no se hace responsable por el estado de la muestra al ingresar a nuestras instalaciones. Los resultados se relacionan solo con las muestras recibidas. El laboratorio se exonera de responsabilidad por reproducción parcial o total del informe, o el uso que pueda dársele. El lote de análisis remite la fecha de ejecución de análisis.

Responsable del análisis: *F. Aguilar* Ing. Eusebio Aguilar Muñoz  
 Verifica: *P. C. C.* Dra. Gloria Arriola de Guevara  
 Directora Unidad de Gestión  
 LABORATORIO DE SUELOS

## Anexo 9. Ecuaciones para establecimientos de óptimos técnicos.

Ecuación	Germinación promedio diaria	Germinación corriente diaria	Punto optimo
$y = -0.0648x^2 + 3.3528x - 10.846$	$GPM = (0.0648x^2 + 3.3528x - 10.846) / x$	$GCD = -0.1296x + 3.3528$	$GPM = GCD$
$y = -0.0929x^2 + 4.5271x - 13.325$	$GPM = (-0.0929x^2 + 4.5271x - 13.325) / x$	$GCD = -0.1558x + 4.5271$	$GPM = GCD$
$Y = -0.0551x^2 + 2.8003x - 8.0314$	$GPM = (-0.0551x^2 + 2.8003x - 8.0314) / x$	$GCD = -0.1102x + 2.8003$	$GPM = GCD$
$y = -0.009x^2 + 0.4186x - 1.3043$	$GPM = (-0.009x^2 + 0.4186x - 1.3043) / x$	$GCD = -0.018x + 0.4186$	$GPM = GCD$