



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO  
POSTGRADO FORESTAL**

**CRECIMIENTO INICIAL Y SUPERVIVENCIA DE *Tectona  
grandis* Linn. F. EN RESPUESTA A PRÁCTICAS  
CULTURALES EN VIVERO**

**AMPARO PRÓSPERO CRUZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

**2012**

La presente tesis titulada: **CRECIMIENTO INICIAL Y SUPERVIVENCIA DE *Tectona grandis* Linn. F. EN RESPUESTA A PRÁCTICAS CULTURALES EN VIVERO**, realizada por la alumna **AMPARO PRÓSPERO CRUZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
POSTGRADO FORESTAL**

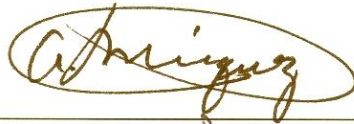
**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**



**DR. ARNULFO ALDRETE**

**ASESOR:**



**DR. ALEJANDRO VELÁZQUEZ MARTÍNEZ**

**ASESOR:**



**DR. AURELIO MANUEL FIERROS GONZÁLEZ**

**ASESOR**

**EXTERNO:**



**DRA. MARIVEL DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, junio de 2012.

## DEDICATORIA

A mi madre, HERLINDA CRUZ:

Guerrera incansable de esta vida. Que siempre caminas al frente aunque todo sea cuesta arriba. Gracias por cada día de tu vida que me has dedicado. Madre y amiga que has dejado huella en todo mi tiempo, porque nunca te das por vencida, y me has enseñado a luchar para conseguir mis metas... Gracias mama, te amo.

A mis hermanos, Omar y Lore:

Han sido ejemplo de tenacidad para mí, los amo, gracias por estar a mi lado y apoyarme siempre.

Al hombre que camina a mi lado, Miguel Ángel:

Gracias por tu apoyo incondicional para llegar a mi meta, has sido pilar fundamental en mi camino hacia el éxito... Te amo.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT), por haberme apoyado, sin su ayuda no habría sido posible obtener el grado de Maestro en Ciencias.

A la Empresa Agropecuaria Santa Genoveva, por la oportunidad de colaborar con ellos y por el apoyo económico en esta investigación.

Dr. Arnulfo Aldrete, por su paciencia, disponibilidad y apoyo profesional para el desarrollo y culminación de la tesis y obtener el grado de Maestro en Ciencias.

Dr. Aurelio M. Fierros González, por su apoyo profesional que me motivó a estudiar la Maestría.

Dr. Alejandro Velázquez Martínez, por su apoyo profesional y paciencia para la culminación de esta investigación.

Dra. Marivel Domínguez Domínguez, por su apoyo profesional para la culminación de esta investigación.

Dr. Miguel Ángel López López, por el apoyo profesional que me brindó, aún cuando no tenía ninguna responsabilidad con esta investigación.

Dr. Humberto Vaquera Huerta, por su disponibilidad y apoyo profesional para culminación de este trabajo de investigación.

Al Colegio de Postgraduados, por ser la institución que me ha permitido desarrollarme profesionalmente.

A las personas que han estado a mi lado y de alguna manera han contribuido de manera positiva a la culminación de mis estudios, que por cierto es una lista interminable, Gracias.

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1. Descripción y antecedentes de la especie	4
2.2. Producción de planta en vivero	5
2.2.1. Semillas, siembra y tratamientos pregerminativos	5
2.2.2. Envases	7
2.2.3. Sustratos	10
2.2.4. Micorrización	11
2.2.5. Fertilización en vivero	12
2.2.5.1. Fertilizantes Solubles	13
2.2.5.2. Fertilizantes a base de algas marinas	13
2.2.6. Riego	14
2.2.7. Manejo de densidad	14
2.2.8. Etapa de aclimatación	15
2.3. Preparación del sitio para la plantación	15
2.3.1. La preparación del suelo	16
2.3.2. Control de vegetación no deseable	17
2.4. Establecimiento de la plantación	17
<b>CAPÍTULO 3. PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE <i>Tectona grandis</i> Linn. F. CON DIFERENTES NIVELES DE ACLIMATACIÓN, ESTRATIFICACIÓN.</b>	<b>19</b>
3.1. Introducción	19
3.2. Materiales y métodos	20
3.2.1. Localización del vivero	20
3.2.2. Materiales utilizados	20
3.2.3. Manejo de planta en vivero	22
3.2.4. Clasificación de las plantas	23
3.2.5. Experimento 1	23
3.2.5.1. Estratificación de plantas	24

3.2.5.2.	Aclimatación de plantas	25
3.2.5.3.	Evaluación de las variables morfológicas	26
3.2.5.4.	Análisis estadístico.	28
3.2.6.	Experimento 2	29
3.2.6.1.	Estratificación de plantas	29
3.2.6.2.	Aclimatación de plantas	30
3.2.6.3.	Evaluación de las variables morfológicas	30
3.2.6.4.	Análisis estadístico.	30
3.3.	Resultados y discusión	31
3.3.1.	Experimento 1	31
3.3.2.	Experimento 2	34
3.4.	Conclusiones	38

**CAPÍTULO 4. PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE *Tectona grandis* Linn. F. CON DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES Y TAMAÑOS DE ENVASE.** 39

4.1.	Introducción	39
4.2.	Materiales y métodos	40
4.2.1.	Localización del vivero	40
4.2.2.	Materiales utilizados	40
4.2.3.	Manejo de la planta en vivero	41
4.2.4.	Establecimiento del experimento	41
4.2.5.	Envases y fertilización	42
4.2.6.	Evaluación de las variables morfológicas	44
4.2.7.	Análisis estadístico	44
4.3.	Resultados y discusión	45
4.4.	Conclusiones	49

**CAPITULO 5. EFECTO DE LA ACLIMATACIÓN Y DEL PORCENTAJE DE ESTRATIFICACIÓN SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE *Tectona grandis* Linn. F.** 50

5.1.	Introducción	50
5.2.	Materiales y métodos	51
5.2.1.	Localización del sitio de plantación	51
5.2.2.	Etapa de vivero	51
5.2.3.	Establecimiento de la plantación	52

5.2.4.	Experimento 1	53
5.2.4.1.	Evaluación de las variables	54
5.2.4.2.	Análisis estadístico	54
5.2.5.	Experimento 2	54
5.2.5.1.	Evaluación de las variables	55
5.2.5.2.	Análisis estadístico	55
5.3.	Resultados y discusión	57
5.3.1.	Experimento 1	57
5.3.2.	Experimento 2	58
5.4.	Conclusiones	60
<b>CAPITULO 6. EFECTO DEL TAMAÑO DE ENVASE Y DEL TIPO DE FERTILIZANTE SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE <i>Tectona grandis</i> Linn. F.</b>		62
6.1.	Introducción	62
6.2.	Materiales y métodos	63
6.2.1.	Localización del sitio de plantación	63
6.2.2.	Etapa de vivero	63
6.2.3.	Establecimiento de la plantación	63
6.2.4.	Diseño del experimento	64
6.2.5.	Evaluación de las variables	64
6.2.6.	Análisis estadístico	65
6.3	Resultados y discusión	66
6.4	Conclusiones	68
<b>CAPITULO 7. LITERATURA CITADA</b>		69



<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>		<b>PÁG.</b>
<b>Cuadro 1.</b>	Descripción de factores evaluados: porcentajes de estratificación y niveles de aclimatación	24
<b>Cuadro 2.</b>	Descripción de factores evaluados: porcentajes de estratificación y niveles de aclimatación	29
<b>Cuadro 3.</b>	Análisis de varianza para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE) en respuesta a dos porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.	32
<b>Cuadro 4.</b>	Valores promedio de las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE), en respuesta a dos niveles de aclimatación y dos porcentajes de estratificación.	33
<b>Cuadro 5.</b>	Análisis de varianza para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE) en respuesta a tres porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.	35
<b>Cuadro 6.</b>	Valores promedio de las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE), en respuesta a dos niveles de aclimatación y tres porcentajes de estratificación.	36
<b>Cuadro 7.</b>	Tamaños de envase y tipos de fertilizante utilizados para la producción de plantas de teca	41
<b>Cuadro 8.</b>	Esquema de fertilización con Agrokelp®	42
<b>Cuadro 9.</b>	Esquema de fertilización de fertilizantes solubles	43
<b>Cuadro 10.</b>	Análisis de varianza para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE), índice de calidad de Dickson (ICD) en respuesta a dos tipos de fertilizante y dos tamaños de envase.	46

<b>Cuadro 11.</b>	Valores promedio para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE), índice de calidad de Dickson (ICD), en respuesta a dos tamaños de envase y dos tipos de fertilizante.	47
<b>Cuadro 12.</b>	Descripción de los niveles de los factores evaluados: aclimatación y estratificación.	53
<b>Cuadro 13.</b>	Descripción de los niveles de los factores evaluados: aclimatación y estratificación.	55
<b>Cuadro 14.</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro, altura y supervivencia, en respuesta a diferentes porcentajes de estratificación y niveles de aclimatación.	57
<b>Cuadro 15.</b>	Valores promedio de altura, diámetro y supervivencia, en respuesta a dos niveles de aclimatación y dos porcentajes de estratificación.	58
<b>Cuadro 16.</b>	Análisis de varianza para la variables diámetro, altura y supervivencia en respuesta a diferentes porcentajes de estratificación y niveles de aclimatación.	59
<b>Cuadro 17.</b>	Valores promedio de altura, diámetro y supervivencia en respuesta a tres porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.	59
<b>Cuadro 18.</b>	Descripción de los niveles de los factores evaluados: tamaños de envase y tipos de fertilizante.	64
<b>Cuadro 19.</b>	Análisis de varianza para la variable altura, diámetro y supervivencia, en respuesta a dos tamaños de envase y dos tipos de fertilizante.	66
<b>Cuadro 20.</b>	Valores promedio de altura, diámetro y supervivencia en respuesta a dos tamaños de envase y dos tipos de fertilizante.	67

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>		<b>PÁG.</b>
<b>Figura 1.</b>	Envases utilizados para producir plantas de teca.	21
<b>Figura 2</b>	Siembra de semilla de Teca	22
<b>Figura 3.</b>	Trasplante de teca	22
<b>Figura 4.</b>	Estratificación de plantas al 50 %	24
<b>Figura 5.</b>	Estratificación de plantas al 66 %	25
<b>Figura 6.</b>	Proceso de aclimatación: condición sol y sol/sombra	26
<b>Figura 7.</b>	Lavado de plántulas para eliminar residuos de sustrato	27
<b>Figura 8.</b>	Peso seco de parte aérea de la plántula.	28
<b>Figura 9.</b>	Estratificación de plantas al 75 %.	29
<b>Figura 10.</b>	Aplicación de fertilizantes con mochila aspersora	43

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN GENERAL

Entre las maderas finas para fabricación de muebles, la teca (*Tectona grandis*) es la especie que más se puede manejar en plantaciones forestales. Es una especie relativamente fácil de establecer en plantaciones y, debido a que la demanda mundial por madera fina es permanente, existe una buena oportunidad para que pueda producirse en plantaciones sin correr mucho riesgo, de mortalidad en campo, que signifique pérdida.

En las últimas décadas se han centrado los esfuerzos por desarrollar técnicas de producción de especies exóticas de rápido crecimiento, es el caso de la teca (*Tectona grandis*), considerada una de las maderas tropicales más valiosas y mejor conocidas en el mundo, esto hace que continúe existiendo interés en esta especie (Krause, 2005).

En un proyecto de plantaciones forestales comerciales, la producción de planta en vivero, constituye una etapa clave de éxito, y esta a su vez, esta influenciada por diversas prácticas culturales como es la fertilización, que tiene influencia en los procesos fisiológicos de las plantas y en aspectos económicos de producción.

La fertilización tiene como objetivo aportar los nutrientes requeridos por la planta, en cantidad, proporción y en el momento adecuado. Esta práctica cultural, después del riego, es la que influye más directamente en el crecimiento de las plantas por lo que una adición adecuada de nutrientes permitirá lograr altas tasas de supervivencia, crecimiento inicial y homogeneidad al momento de establecer las plantas en el lugar definitivo (Oliet *et al.*, 1997).

Son varios los aspectos que influyen en la calidad de las plantas que se cultivan en el vivero. En una primera etapa, debe decidirse, si la producción se

efectúa en contenedores o a raíz desnuda. En este último caso, algunos de los factores determinantes en la calidad son el espaciamiento y la poda de raíces. Asimismo, es necesario determinar aspectos sobre los niveles más adecuados de fertilización y luminosidad (Santelices *et al.*, 1995).

Los estudios que se han desarrollado a través del tiempo han tenido como objetivo el mejoramiento de las técnicas, prácticas y métodos que se utilizan para estas especies de rápido crecimiento, como la teca, el eucalipto, la melina, entre otros, y así aumentar la productividad de las plantaciones forestales. Por eso estos esfuerzos se centran en la búsqueda de nuevas técnicas, fundamentalmente en la etapa de vivero, que permitan su mejor crecimiento y desarrollo en campo.

El presente estudio se realizó en el vivero de la Empresa Agropecuaria Santa Genoveva, SAPI de CV, que es una organización productora de bienes agrícolas, pecuarios y forestales de calidad. El vivero forestal "Santa Genoveva", comenzó a operar en enero de 2002, con la producción de Teca, Cedro y Caoba. En sus inicios el sistema de producción fue en bolsas de polietileno y riego por aspersión. Posteriormente se optó por charolas de unicel para especies nativas y envases (tubetes) de polietileno para teca. Actualmente, se produce en charolas de polietileno con envases y utilizan un sistema de riego de microaspersión, a través del cual también se hace la inyección de fertilizantes, ácido para nivelar el pH del agua y cal hidratada.

Anualmente, en el vivero se programa una producción neta de 1,305,600 plántulas, para plantar 1,600 ha con una densidad de población de 816 plantas/ha, aunque se cuenta ya con la capacidad de producir dos millones de plántulas en el mismo periodo. Esta cantidad incluye a la teca y especies nativas en proporciones variables, tendiendo a ser mayor la de teca. También se produce en pellet de Jiffy.

Los planes a futuro, consisten en aumentar la producción del vivero para ofertarla a plantadores del estado y de la región y contar con una producción de plántulas con base en plantas clonales, por medio de la selección de árboles

padres, de ahí la importancia del presente trabajo que pretende contribuir a la producción de plántula con la mejor calidad y a un menor costo.

El propósito de este estudio es determinar el mejor porcentaje de estratificación y niveles de sombreado, así como evaluar el efecto de diferentes tipos de fertilizantes sobre el crecimiento en vivero de *Tectona grandis* producido en contenedores de dos tamaños. Además, se busca determinar el efecto de los mismos sobre el incremento de biomasa y su posterior crecimiento y supervivencia en campo.

## CAPÍTULO 2

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. DESCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES DE LA ESPECIE

La teca (*Tectona grandis* Linn. F.) pertenece a la familia Verbenaceae. Este árbol es originario de Birmania, Tailandia y algunas partes de la India (Briscoe, 1995). Es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural del Sudeste de Asia, en donde alcanza 45 m de altura y desarrolla un tronco con contrafuertes al llegar a la madurez (Weaver, 1993).

La teca prefiere suelos moderadamente profundos, mayor a 90 cm, bien drenados, de textura media, planos o con pendiente suave, localizados en regiones de temperatura media (Drechsel y Zech, 1994).

La teca es una especie de luz; no tolera la sombra ni la supresión en ninguna fase de su ciclo vital. La teca brota de cepa vigorosamente y en ocasiones conserva esa capacidad incluso cuando ha alcanzado un gran tamaño. Comienza a florecer y producir semillas a una edad temprana, 20 años después de haber sido plantada y 10 años tras el rebrote de cepa y produce abundantes semillas todos los años (Seth y Kaul, 1978).

La madera de teca tiene al menos 25 tipos de uso, que van desde la construcción completa de una casa con este material, hasta postes y piezas de ebanistería. Se trabaja bien con herramientas eléctricas o manuales, pero contiene sílice, lo que tiende a embotar el filo de los instrumentos. El cepillado, modelado, taladrado y la resistencia a rajarse con tornillos son buenos, el torneado es excelente y el lijado es pobre, recibe bien los clavos, el barniz y es fácil de encolar (Encinas y Contreras, 1998).

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; en América Tropical, la primera plantación de teca

se estableció en Trinidad y Tobago en 1913. Posteriormente se extendió a Honduras, Panamá y Costa Rica entre 1926 y 1929. Luego, su cultivo se ha extendido a casi todos los países latinoamericanos (Husen y Pal, 2007; Pandey y Brown, 2000).

## **2.2. PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO**

La producción de planta en vivero se realiza tratando de alcanzar la mejor calidad posible durante el proceso. El concepto de calificación de plantas establece que éstas son de buena calidad cuando logran la mayor tasa de supervivencia y crecimiento inicial en un sitio determinado. Esto es posible si la planta ha sido preparada en vivero para soportar los factores limitantes del sitio y al suelo le hayan hecho las modificaciones necesarias para asegurar un sustrato que permita un rápido establecimiento, adecuada disponibilidad de agua y libertad de malezas competitivas en los primeros períodos de crecimiento (Duryea, 1984).

Este fenómeno ha llevado a diferentes autores a plantear que la planta debe ser preparada en vivero para sitios específicos y no tender a una producción estandarizada. A continuación se presentan algunos de los insumos y prácticas culturales que más influyen en la calidad de la planta.

### **2.2.1. Semillas, siembra y tratamientos pregerminativos**

El primer eslabón de la cadena de producción de planta en vivero, es el establecimiento adecuado de las semillas de las especies que interesen y de las que no interesen, porque son eventuales competidoras a las que hay que conocer. Los procesos de producción de semillas que el silvicultor necesita conocer son los relacionados con la floración, fructificación, diseminación y la periodicidad de la producción, viabilidad y germinación (Donoso *et al.*, 1993).

La mayoría de las plantas presentan variabilidad genética y fenotípica en distintos lugares de su área de distribución. Esta variabilidad debe tomarse en consideración cuando se manejan semillas de diferentes localidades con



cualquier propósito. En plantas procedentes de diferentes localidades pueden haber evolucionado características específicas para lidiar con los factores limitantes locales y con las interacciones bióticas específicas del sitio, lo cual las hace inapropiadas para crecer en un nuevo conjunto de condiciones ambientales, por eso es importante conocer las características y los requerimientos específicos de la semilla de la especie que nos interesa (Vázquez *et al.*, 1997).

La siembra se realiza básicamente en semilleros, camas de crecimiento o en envases individuales. Cuando se eligen envases individuales para la siembra debe escogerse un buen medio de germinación y crecimiento que reúna las características adecuadas. Existe gran variedad y cada uno tiene diferentes características.

En gran parte, el éxito de la siembra depende del linaje o calidad del lote, de la época y profundidad en que la siembra se realice y de la densidad de siembra. Las semillas de calidad, mejoran la supervivencia y la madera acortando el turno comercial de la plantación y aumentando su rentabilidad (Vázquez *et al.*, 1997).

Cuando las semillas, tardan más de dos semanas para germinar en condiciones naturales o normales, es necesario pre tratarlas para agilizar su emergencia. Tal es el caso de las semillas de teca, con un pre tratamiento se ahorra tiempo y recursos. La profundidad de la siembra esta asociada al tamaño de la semilla. Por lo general las semillas muy pequeñas se siembran superficialmente (Vázquez *et al.*, 1997).

En el vivero de Santa Genoveva, para la escarificación de la semilla de teca se da un pre tratamiento que consiste en remojo en agua por 24 horas y asoleado 24 horas. Igualmente, se aplican bioestimulantes, con atomizador directamente a la semilla a una dosis de 5 cm<sup>3</sup> por litro de agua con el objetivo de acelerar la germinación. La siembra se hace de forma manual y se depositan dos semillas por envase.

### **2.2.2. Envases**

La elección de un tipo de envase es quizás una de las decisiones más importantes a tomar, pues no solo condiciona el estado final de la planta, sino también su aspecto morfológico y fisiológico. El volumen, forma, altura, diámetro de los envases y la densidad de cultivo modulan para cada especie el tamaño y características del sistema aéreo y radical y, en definitiva, el desarrollo y calidad de la planta. Por regla general, a mayores volúmenes de envases y mayores espaciamientos entre plantas se obtienen mayores desarrollos aéreos y radicales y por tanto mayor desarrollo de la planta (Peñuelas y Ocaña, 1993).

El contenedor por sí mismo genera un ambiente edáfico único, y la mayoría de los viveros usan algún tipo de sustrato artificial. El grado de modificación del ambiente de crecimiento varía considerablemente. Los invernaderos completamente cerrados, con equipo moderno para el control ambiental, pueden maximizar los niveles de crecimiento de las plantas, dado que son capaces de crear un ambiente de crecimiento ideal con pocos factores limitantes (Galiussi, 2006).

Anteriormente la producción de la planta se realizaba casi exclusivamente a raíz desnuda. Este sistema de producción presenta una serie de ventajas, ya que favorece el desarrollo natural y equilibrado del sistema radical y aéreo, y es válido, sobre todo, para los viveros de zonas frescas y a poca distancia del terreno a plantar y para especies de rápido crecimiento (Domínguez, 1997).

El volumen y la forma del contenedor, determinan en gran medida los resultados y duración del cultivo en vivero. Cuando el tiempo de cultivo va más allá de un período vegetativo, suele influir negativamente en la calidad de la planta y disminuye la probabilidad de éxito en campo (Peñuelas y Ocaña, 1993). El contenedor también mantiene la humedad durante el transporte del vivero al campo, protegiendo a la planta contra el estrés hídrico. También la expone en menor proporción a los daños mecánicos, y permite controlar la

micorrización y, finalmente, alarga el periodo de plantación gracias a una velocidad de colonización más elevada (Riedacker, 1986).

Una de las principales características que distingue la producción de planta en contenedor con respecto a la raíz desnuda, es el aumento en el control de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, riego, luz), además de la posibilidad de producir planta en cualquier época del año (Tinus y Owston, 1984).

Sin embargo, este sistema de cultivo tiene también inconvenientes: limita el espacio del sistema radical interfiriendo en su crecimiento y produce deformaciones radicales. Estas deformaciones pueden hacerse patentes al año de cultivo o bien varios años después de la plantación (Halter y Chanway, 1993). Las raíces se enrollan en el interior del envase, y después de la plantación, cuando las plantas alcanzan mayor desarrollo, puede ocurrir la estrangulación del tallo que se quiebra a nivel del suelo (Ball, 1976).

Actualmente, existen en el mercado diferentes modelos de envases y podríamos hacer distintas clasificaciones con respecto a las variadas formas, materiales, tamaños, modo de agrupación (de forma individual o en bandejas). Pero, respecto a las deformaciones que se producen en el sistema radical, pueden dividirse en contenedores de paredes rígidas y contenedores de paredes permeables. Estos últimos son los que han obtenido mejores configuraciones radicales en los estudios realizados hasta la fecha (Peñuelas y Ocaña, 1996).

Los envases también se producen en una variedad de formas: circulares, rectangulares, hexagonales o cuadrados, en cuanto a la sección transversal y la mayoría son ahusados o cónicos de arriba a abajo. En general, los envases con secciones rectangulares o cuadradas controlan mejor la espiralización radical que aquellos con secciones más redondeadas, y por el contrario, en estos los cepellones tienden a salir más fácilmente del envase (Núñez y Colón, 1993 y Marcelli y Pioto, 1993).

El contenedor no solamente debe ser para cultivar una planta aceptable en el vivero, sino que también pueda ser plantado directamente en campo. Se han desarrollado dos tipos de estos contenedores. Los del primer tipo están hechos con material biodegradable, como es turba de musgo moldeada o la fibra de madera que se biodegradan después de la plantación. El mayor problema con estos contenedores biodegradables es que carecen de una pared sólida que impida el espiralamiento, por lo que las raíces crecen al azar y frecuentemente dentro de contenedores adyacentes.

Otra desventaja es que frecuentemente se cubren con algas y musgo en el vivero, y esto dificulta su manejo. El segundo tipo de contenedores biodegradables, consiste de un casquillo de plástico duro, malla plástica, o papel especialmente tratado, los cuales son llenados con sustrato para realizar posteriormente la siembra. La planta entonces es plantada con el contenedor, que en teoría podrá expandirse, descomponerse, o de alguna manera encauzar el crecimiento de las raíces fuera, hacia el suelo del alrededor (Landis, 1990).

Los envases para viveros forestales deben cumplir otras funciones que reflejen las necesidades especiales de las plantaciones de reforestación. Algunas de estas características del envase están a la mira del crecimiento de plantas en vivero, tales como el diseño de las marcas para evitar enrollamiento de las raíces, otras son características operacionales y se refieren a consideraciones económicas y de manejo tanto en vivero como en la plantación (Peñuelas y Ocaña, 1996).

Las características de diseño de los contenedores inciden en el tamaño de las plantas, en la relación entre sus diferentes partes, en la forma de sus sistemas aéreos y radicales y como consecuencia de todo esto, en el resultado de las plantaciones, tanto en su supervivencia inicial, como en su crecimiento y en su estabilidad a lo largo de su vida (Núñez y Colón, 1993).

Las especificaciones para las plantas producidas en contenedor, incluyen mediciones morfológicas, tradicionalmente la altura y el diámetro del tallo. Por otro lado, el tamaño de la planta y su calidad, son características que son

altamente afectadas por el ambiente del vivero y las prácticas culturales; por ejemplo, los contenedores con grandes volúmenes y baja densidad de crecimiento, producen plantas con un mucho mayor diámetro del tallo (Galiussi, 2006).

### **2.2.3. Sustratos**

El término sustrato que se aplica en la producción de planta en vivero, se refiere a todo material sólido diferente al suelo, que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico, y que colocado en contenedor en forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular. El sustrato puede o no intervenir en el proceso de nutrición de la planta. La selección del sustrato artificial para un vivero forestal, consiste en encontrar la mezcla que reúna las mejores características, de tal forma que al establecer la plántula, sus requerimientos y atenciones de cultivo sean mínimos (Pastor, 1999).

De acuerdo con Landis (1990), a continuación se mencionan algunas de las características deseables más importantes que deben ser consideradas en la selección de un sustrato o medio de crecimiento artificial:

- Alta capacidad de retención de humedad.
- Alta capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Porosidad adecuada que permita la difusión de gases (principalmente O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) y agua entre el sustrato y la plántula.
- pH ligeramente ácido, entre 5 y 6.
- Baja concentración de sales.
- Facilidad de manejo (uniformidad, densidad, estabilidad de dimensiones, durabilidad, fácil mezclado y llenado de envase, capacidad de rehumedecimiento).
- Factible de esterilizarse con vapor o procedimientos químicos sin efectos negativos posteriores.

Existe toda una gama de materiales orgánicos e inorgánicos en el mercado, que según las necesidades de cada vivero, pueden ser empleados como sustrato. Algunos de ellos se mencionan a continuación:

Materiales orgánicos:

- Naturales: Sujetos a descomposición biológica.
- Sintéticos: Polímeros orgánicos no biodegradables.
- Subproductos y residuos provenientes de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de ellos requieren de un proceso de composteo antes de su utilización.

Materiales inorgánicos:

- Naturales: obtenidos de rocas o minerales.
- Transformados o tratados: obtenidos de rocas o minerales modificados mediante tratamientos físicos o químicos (agrolita o perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida).
- Residuos y subproductos de tipo industrial.

En el vivero de Santa Genoveva se utiliza un sustrato compuesto de peat moss (50 %), vermiculita (25 %), agrolita (25%), 3.5 g/l de Osmocote (19-6-12) y 0.15 g/l de endomicorriza, todo eso se mezcla en una mezcladora mecánica para llenar los envases.

#### **2.2.4. Micorrización**

La asociación entre las raíces finas de las plantas superiores y algunos hongos es uno de los ejemplos más interesantes de simbiosis. Dentro de las especies forestales, tienen especial relevancia la simbiosis con hongos ectotróficos, que proporcionan a la planta mayor eficiencia en la absorción del agua y nutrientes (especialmente P y N) y protección contra agentes patógenos a cambio de compuestos carbonados fotosintetizados por el hospedante. La utilización de

hongos micorrícicos en la etapa de vivero es una técnica que se utiliza con la finalidad de obtener plántula de buena calidad (Rodríguez, 1989).

### **2.2.5. Fertilización**

El buen desarrollo de las plantaciones forestales está muy ligado a la calidad morfológica y fisiológica de las plantas, que dependen, a su vez, del modo en que éstas son cultivadas en el vivero. Una de las prácticas de vivero que más incidencia tiene sobre las características funcionales y el desarrollo en campo de las plantas es la fertilización, especialmente la nitrogenada (Van Den Driessche, 1992; Oliet *et al.*, 1997).

Diferentes estudios, han demostrado que la fertilización con N, P y K en viveros de teca brinda buenos resultados ya que se obtienen plantas de buen color y vigor, se acelera el crecimiento y se reduce la incidencia de enfermedades en el vivero (Sundralingam, 1982).

Un incremento de la fertilización produce plantas más desarrolladas, con mayores contenidos de nutrientes y una mayor capacidad de producción de nuevas raíces (Van Den Driessche, 1992). Dichas características han sido a menudo relacionadas positivamente con la supervivencia y crecimiento de las plantaciones jóvenes (Simpson, 1990; Oliet *et al.*, 1997).

Se ha demostrado que la fertilización aumenta el diámetro y la altura de los árboles de teca y la respuesta se atribuye al mejoramiento de las condiciones nutricionales de la planta que se refleja en incrementos en la concentración foliar de nutrientes y al rápido cierre de la copa de los árboles, lo que suprime el crecimiento de malezas, en particular gramíneas, con lo que se reduce la competencia por nutrientes (Prasad *et al.*, 1986).

Según Domínguez (1989), la eficiencia de la fertilización esta dada por el método de aplicación de los fertilizantes el que depende entre otros factores, de la distribución del sistema radicular, movilidad de los elementos en el suelo, el nivel de fertilidad, la capacidad de fijación del suelo de los elementos

aportados en los fertilizantes, los productos fertilizantes (solubles e insolubles) y la época de aplicación.

#### **2.2.5.1. Fertilizantes solubles**

Al hablar de fertilizantes solubles normalmente se trata de una sal o molécula compuesta por un catión y un anión. Estas materias primas pueden mezclarse si son física y químicamente compatibles, y dan origen a los fertilizantes solubles NPK, los cuales pueden incluir la gama completa de nutrientes que los cultivos necesitan (Soquimich, 2001).

Según Ferreira *et al.* (2005), la utilización de fertilizantes solubles, arroja muy buenos resultados en cuanto al rendimiento final del cultivo, que se traduce en un incremento del 25% en la cosecha, respecto a las técnicas de cultivos tradicionales.

#### **2.2.5.2. Fertilizantes con base en algas marinas**

Las algas marinas se aplican en la agricultura tal cual, en forma de harina, de extractos y de polvos solubles. Si los derivados son elaborados en la forma apropiada, los organismos vivos que contienen se conservan en estado viable y se propagan por un tiempo donde se aplican, potenciando su acción, lo que hace posible la aplicación de dosis muy bajas. Su uso es ya común en muchos países del mundo y, a medida que esta práctica se extienda, irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así la agricultura sustentable (Canales, 2001).

El incremento en los rendimientos como efecto del uso de las algas marinas y sus derivados en la agricultura, se debe a que las algas marinas contienen: todos los elementos mayores, menores y traza que ocurren en las plantas; además 27 sustancias naturales reportadas hasta ahora cuyos efectos son similares a los de los reguladores de crecimiento de las plantas; vitaminas, carbohidratos, proteínas, sustancias biocidas que actúan contra algunas plagas



y enfermedades, y agentes quelatantes como ácidos orgánicos y manitol (Canales, 2001).

### **2.2.6. Riego**

El agua es el factor biológico más importante que controla o limita el crecimiento de las plántulas en ecosistemas artificiales, debido a esto, la cantidad y calidad del agua de riego, es el principal factor ambiental en la operación de un vivero forestal. El riego es necesario para evitar la desecación de la parte inferior de las plántulas, pudiéndose producir la muerte de los extremos de las raíces o el reviramiento hacia arriba de las raíces que tienden a buscar humedad en la parte superior (Vásconez, 2002).

En cuanto a la calidad del agua de riego, en Santa Genoveva antes que nada se hizo un estudio para determinar concentración y composición de sales disueltas (salinidad total e iones tóxicos). La utilización de sustratos artificiales, representa un planteamiento nuevo para la programación del riego por sistema de microaspersión. Además, el uso de cubiertas protectoras (malla de sombra) agrega un componente que modifica las condiciones en las cuales se desarrollan las plántulas, reduciendo la evapotranspiración.

### **2.2.7. Manejo de densidad**

Tradicionalmente se entiende a la densidad de cultivo como el número de individuos por unidad de superficie (Duryea, 1984). La distancia entre envases en la charola genera la densidad de crecimiento de las plantas, esta es una de las características que afectan el crecimiento de las plantas. Las plantas forestales requieren de una cierta cantidad mínima de espacio de crecimiento, el cual varía con la especie y la edad. Por otra parte, se necesitan producir el número máximo de plantas por unidad de área de espacio de crecimiento. Las plantas producidas con menores espaciamientos crecen más altas y con menores diámetros de tallo y menores biomásas que aquellas que crecen con mayores espaciamientos (Landis, 1990).

En el vivero de Santa Genoveva a este manejo de densidad se le denomina estratificación. Este proceso consiste en manipular los envases, conforme van creciendo las plantas. Se van separando los envases de mayor a menor densidad, para evitar que los tallos se deformen por la competencia por luz.

#### **2.2.8. Etapa de aclimatación**

Las plántulas que se encuentran activamente creciendo en el vivero deben ser preparadas para el impacto del transporte y plantación en campo. Este acondicionamiento o aclimatación se realiza con la finalidad de reducir la proporción de follaje suculento e inducir la dormancia en las plántulas (Villar *et al.*, 2001).

En Santa Genoveva, la etapa de aclimatación consiste en transportar las plántulas a un área donde son expuestas al sol, para que los tallos se lignifiquen (endurezcan), y en general para que se adapten poco a poco a las condiciones climáticas de campo.

### **2.3. PREPARACIÓN DEL SITIO PARA LA PLANTACIÓN**

La plantación es el momento más crítico para la planta, la cual es trasladada desde el ambiente protegido del vivero al lugar definitivo, en donde estará sometida a una fuerte competencia por el agua y los nutrientes disponibles en el suelo y a otra serie de factores físicos y bióticos que harán difícil su establecimiento. Para que la planta logre superar con éxito esta etapa, es fundamental el empleo de las técnicas de establecimiento adecuadas a las condiciones del sitio en donde se pretende establecer la plantación (Muñoz, 2004).

La preparación del sitio para la plantación, que se enmarca dentro de las técnicas mencionadas, es un factor de gran importancia, ya que de ella depende, en gran medida, la supervivencia de las plantas, su crecimiento inicial

y en consecuencia, la futura densidad y homogeneidad del rodal. Mientras mejor sea la preparación del sitio, mejores serán los resultados de establecimiento y crecimiento del rodal (Mercedes y Hernández, 1996).

### **2.3.1. La preparación del suelo**

La mayor parte de las plantaciones forestales en la América tropical son establecidas en tierras marginales, pastizales, o en tierras agrícolas abandonadas. Por lo anterior, la plantación requiere de una buena preparación del terreno, cuyo objetivo es el control de la vegetación competitiva y acondicionamiento del suelo, con el fin de mejorar su estructura y aumentar el espacio en macro-poros. Esto facilita el movimiento de agua y/o la retención de agua (Muñoz, 2004).

El fuego es una herramienta que se utiliza frecuentemente para eliminar las malezas y el pasto como un primer paso en la preparación sitio. Por ejemplo, en los suelos arenosos en la parte central del Brasil y del norte de Florida, la eliminación de malezas se realiza mediante maquinaria y la quema son una mejor alternativa ecológicamente hablando, ya que con esta alternativa se dejan la ceniza y el material orgánico en su lugar, y se suministran nutrientes, en cambio con el apilado del material superficial en trincheras o fajas para facilitar el arado, la superficie del suelo se verá negativamente afectada (Ladrach, 1992).

En los suelos sin pendiente, bien drenados y con texturas gruesas, la preparación de sitio se hace utilizando tractores con arado y rastra. En los sitios bajos y húmedos, se necesita hacer drenajes y camellones para eliminar el exceso de agua y aumentar el volumen de suelo drenado disponible para que las raíces tengan un buen crecimiento. Aun en los sitios que no son inundables se ha visto que los camellones son muy efectivos para favorecer el crecimiento inicial de los árboles (Mercedes y Hernández, 1996).

El subsolado también es muy efectivo para incrementar el crecimiento en los sitios con suelos compactados, como resultado de la actividad ganadera o que

tienen una capa de suelo duro, esta práctica se está generalizando (Ladrach, 1992).

### **2.3.2 control de vegetación no deseable**

Una diferencia mayor entre el manejo de plantaciones en la América tropical y la América del Norte es el control de malezas después de la plantación. Con el fin de obtener buenas plantaciones, en casi todos los sitios tropicales es indispensable hacer el control de los agresivos pastos y malezas. Las plantas trepadoras pueden deformar los árboles jóvenes y aún provocar su caída. En sitios en donde se desarrollan estas especies, se recomienda su eliminación de forma continua durante los primeros años de la plantación (Ladrach, 1992).

Se ha encontrado que los herbicidas son mas efectivos en el control de pastos comerciales que el control manual, debido a que los herbicidas matan las raíces alelopáticas además de la parte superior. En un ensayo con *Eucalyptus globulus* en Colombia, se aplicó Roundup (glifosato) al pasto kikuyu a un metro de diámetro alrededor de la cepa en el momento de la plantación, y se hizo una aplicación posterior a los siete meses. A los dos años se encontró que el volumen de los árboles tratados con herbicida fue 250% mayor que el de las parcelas que habían sido limpiadas a mano con azadón (Ladrach, 1992).

## **2.4. ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN**

El establecimiento adecuado de una plantación considera una serie de etapas o actividades orientadas a modificar el sitio hacia una mejor condición de suelo y mejoramiento de sus factores limitantes, de tal forma de concentrar los recursos disponibles que favorezcan el crecimiento inicial, supervivencia y desarrollo posterior de la planta. Para lograr un buen desarrollo posterior de las plantas es necesario realizar la plantación en la época adecuada, considerando las condiciones edafoclimáticas y los requerimientos de la especie. La determinación de la densidad de plantación depende del potencial productivo del sitio y el objetivo de la plantación (García *et al.*, 1999).

La teca es una especie heliófila, y por tanto no resiste la competencia por luz. La planta es sensible a la humedad, se recomienda un espaciamiento de la plantación de 3.0 x 3.0 m, debido a que los resultados obtenidos demuestran que existe un mayor crecimiento en altura cuando la densidad es alta pero se requiere de una entresaca más temprana para garantizar el desarrollo en diámetro (Mercedes y Hernández, 1996).

## CAPÍTULO 3

### PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE *Tectona grandis* Linn. F. CON DIFERENTES NIVELES DE ACLIMATACIÓN Y ESTRATIFICACIÓN.

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

Las plantas de los viveros deben ser protegidas de los factores ambientales extremos hasta que son suficientemente fuertes para soportarlos. La sombra reduce la pérdida de agua por evaporación y por transpiración. También disminuye la temperatura de las plantas y del sustrato. La cantidad de sombra necesaria cambia durante el desarrollo de la planta. Una práctica adecuada en el vivero es reducir la sombra a medida que crecen las plantas.

Para que las plántulas puedan permanecer en el bosque tienen que sobrevivir a periodos y factores de estrés abiótico como luz, sequía, inundación y limitación de recursos del suelo, los cuales pueden causar su muerte. Factores como la luz, especialmente su intensidad y calidad, son vitales para el crecimiento de las plantas por influir, entre otros aspectos, en la tasa fotosintética (Rivera *et al.*, 2005).

Existen diferentes técnicas para proporcionar sombra a las plantas y así disminuir impactos negativos en ellas, como el crecimiento lento, la sensibilidad a enfermedades y, sobretodo, se evita la mortalidad. Se ha visto que en etapas iniciales la mayoría de las plantas requieren un 40 a 50% de sombra. Al aumentar la edad de la planta, se debe reducir la sombra y, en los últimos meses anteriores al trasplante al campo, las plantas deben ser expuestas al pleno sol. Este proceso de endurecimiento o aclimatación ayuda a las plantas a adaptarse a las condiciones del campo (Rivera *et al.*, 2005).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de dos niveles de sombreado y tres porcentajes de estratificación de las plantas, en las características morfológicas de *Tectona grandis* Linn. F. durante el cultivo en vivero

## **3.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.2.1. Localización del vivero**

La producción de planta se llevó a cabo en el vivero de la empresa Agropecuaria Santa Genoveva S.A. de C.V. (AGSA). Las instalaciones se localizan en el Estado de Campeche aproximadamente a 85 kilómetros al sureste de la Ciudad de Campeche, cerca del poblado de Pich, en los municipios de Campeche y Holpechén, dentro del Valle de Edzná, en las coordenadas 19°32'59.47" N y 90°01'10.94" W.

De acuerdo a la clasificación de Köppen, el clima se clasifica como Aw"o(i)"g, es decir clima Cálido subhúmedo con lluvias en verano. (INEGI Carta de Climas 1:1,000,000), la precipitación media anual es 1,095 mm y la temperatura media anual es de 27°C.

### **3.2.2. Materiales utilizados**

#### **Semillas**

En el vivero Santa Genoveva, la selección de las fuentes de semillas es una de las primeras actividades básicas del proceso productivo, por lo que buscan proveerse de semillas certificadas y/o de buena calidad. Actualmente, las semillas de teca son importadas en su totalidad del Banco de Semillas Forestales (BSF) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Costa Rica.

#### **Envases**

Los envases fueron de polietileno negro, resistentes a las condiciones ambientales, ligeros para facilitar su manejo y transporte y liberan fácilmente el cepellón o el sustrato. Para evitar el problema de espiralamiento de raíces se han desarrollado envases con características especiales antiespiralamiento para poda natural de las raíces (Figura 1). Estos envases son colocados en rejillas de polietileno, con capacidad para contener 54 de ellos. Actualmente se utilizan dos tamaños de envase, 220 cm<sup>3</sup> y 310 cm<sup>3</sup>



Figura 1. Envases utilizados para producir plantas de teca.

### **Sustrato**

En el vivero forestal Santa Genoveva, para la producción intensiva de plántulas en tubetes y charolas, se ha utilizado un sustrato a base de peat moss, vermiculita y agrolita, adicionando un fertilizante de liberación lenta (Osmocote® 19-6-12). Recientemente también se inocula la mezcla con esporas de hongos micorrízicos para promover el crecimiento de raíces absorbentes, incrementar la disponibilidad de los nutrientes y aprovechar sus propiedades antisépticas.

El peat moss se utiliza como fase sólida orgánica del sustrato, debido a que posee alta capacidad de retención de humedad, pH ácido y cuenta con aproximadamente 1 % de nitrógeno. Como fase sólida inorgánica del sustrato, se mezclan dos materiales, vermiculita y agrolita con el objetivo de conferirle mayor retención de humedad y mayor porosidad.



La mezcla utilizada tiene : peat moss (50 %), vermiculita (25 %), agrolita (25%), 3.5 g/l de Osmocote® (19-6-12), y 0.15 g/l de endomicorriza (aproximadamente 30 esporas por tubete o cavidad).

### 3.2.3. Manejo de planta en vivero

#### Siembra

El tratamiento previo a la siembra de las semillas de teca consiste en remojo en agua por 24 horas y asoleado de 24 horas. Igualmente, se aplican bioestimulantes (Biofol TS®) para acelerar la germinación de la semilla.

Se colocan dos semillas en cada envase. Esta actividad fue realizada el 15 de febrero de 2010 (Figura 2). La cama se cubre con plástico negro para aumentar la temperatura y acelerar el proceso de germinación, para evitar que las aves saquen las semillas de los envases; este proceso dura aproximadamente dos semanas, aunque depende de otros factores ambientales, a altas temperaturas este proceso se acelera, al momento de germinar las semillas se hace el trasplante (Figura 3) y posteriormente se traslada al lugar definitivo donde se aplicaron los tratamientos del experimento.



Figura 2. Siembra de las semillas



Figura 3. Trasplante de las plántulas

#### Fertilización

El fertilizante se aplicó por medio de fertirriego, en forma semanal. Es la forma más fácil y precisa de aplicar y supervisar la nutrición mineral. El fertilizante es

preparado como una solución concentrada en un tanque de volumen pequeño, la cual es posteriormente inyectada dentro del sistema de riego.

#### **3.2.4. Clasificación de las plantas**

A finales de la séptima semana, se seleccionaron y agruparon las plántulas por su tamaño, es decir, se clasificaron en grandes (8 a 15 cm. de altura) y chicas (6 a 12 cm. de altura). A partir de esta clasificación se establecieron dos experimentos. En el primero se utilizaron las plantas grandes y en el segundo las plantas chicas, probando diferentes porcentajes de estratificación, es decir el manejo de densidad de las plantas por charola, y niveles de aclimatación, éstos se describen a continuación.

#### **3.2.5. Experimento 1**

Es necesario mencionar que en este experimento los tratamientos se aplicaron en dos etapas, la estratificación se aplicó desde el momento en que se estableció éste, sin embargo, la aclimatación se aplicó tres semanas antes de que la planta saliera al lugar definitivo donde quedarían en campo.

El experimento se estableció el 15 de Abril de 2010. Se utilizaron plantas grandes que se producen convencionalmente en el vivero de la empresa en envases de 310 ml. Se evaluaron dos porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 (Cuadro 1), y se incluyeron 3 repeticiones para cada tratamiento.

Cuadro 1. Descripción de factores evaluados: porcentajes de estratificación y niveles de aclimatación.

Tratamientos	Porcentaje de estratificación (%)	Niveles de aclimatación
T1	50	Sol/sombra
T2	66	Sol/sombra
T3	50	Sol
T4	66	Sol

### 3.2.5.1. Estratificación de plantas

Es necesaria la estratificación en la etapa de crecimiento rápido, por que ante la falta de espacio los entrenudos de las plántulas se alargan y el follaje comienza a amarillarse. A finales de la séptima semana y principios de la octava, se seleccionan y agrupan las plántulas por su tamaño es decir, de mayor a menor, para que cuando se requiera pasar plántulas al área de aclimatación, se traspasen primero las más grandes y duras, dando tiempo a las demás para robustecerse.

Las Figuras 4 y 5 muestran como quedaron distribuidas las plantas al momento de estratificarlas para establecer el experimento, la estratificación es el manejo de densidad de las plantas por charola. Las plantas que se midieron son las numeradas.

		1		2		3		4		5		6		7					
			14		13		12		11		10		9		8				
		15		16		17		18		19		20		21					
			28		27		26		25		24		23		22				
		29		30		31		32		33		34		35					

Figura 4. Estratificación de plantas al 50 %

		1		2	3		4	5		6	7		8	9			
			18	17		16	15		14	13		12	11		10		
		19	20		21	22		23	24		25	26		27	28		
		37		36	35		34	33		32	31		30	29			
			38	39		40	41		42	43		44	45		46		

Figura 5. Estratificación de plantas al 66 %

Se dejaron dos hileras de cada lado que no se cuentan para lo toma de datos para evitar el efecto borde.

### 3.2.5.2. Aclimatación de plantas

Esta actividad se realizó tres semanas antes de que las plantas fueran llevadas al lugar definitivo de plantación. Las plantas de los tratamientos 3 y 4 fueron expuestas directamente al sol, mientras que aquellas de los tratamientos 1 y 2 se manejaron en condiciones alternados de sol y sombra.

Las plantas en las que se probaron la condición sol/sombra en la primera semana se movió la malla sombra a las cuatro de la tarde para que les diera sol y se cerró a las diez de la mañana del día siguiente, en la segunda semana de aclimatación la malla se movió a las tres de la tarde y se cerró a las once de la mañana del día siguiente, en la tercera semana de aclimatación de movió la malla a las dos de la tarde y se cerró a las once de la mañana del día siguiente. En la Figura 6 se puede apreciar la malla sombra que se movía para generar la condición sol/sombra.



Figura 6. Proceso de aclimatación: condición sol y sol/sombra

### 3.2.5.3. Evaluación de las variables morfológicas.

Una vez establecido el experimento se realizaron las mediciones de cada planta, cada dos semanas y en total fueron tres mediciones para cada una de las variables:

**Altura Total:** solo se midió a cada una de las plantas que estaban numeradas, con una regla graduada en centímetros, desde la base del tallo hasta el ápice.

**Diámetro del cuello de la raíz:** La variable diámetro se midió a cada una de las plantas numeradas con un vernier digital graduado en milímetros.

**Biomasa aérea y radical:** para la evaluación de la biomasa se tomó una muestra destructiva de 45 plantas por tratamiento. Se extrajeron las plántulas del envase y se lavaron con cuidado para eliminar el sustrato de las raíces (Figura 7). Posteriormente se separó la parte aérea de la raíz y se colocaron en bolsas de papel previamente rotuladas para poder identificarlas. Al final se

colocaron las plántulas dentro de una estufa de secado a 70° hasta obtener peso constante, después se pesaron las muestras con una balanza analítica (Figura 8).



Figura 7. Lavado de plántulas para eliminar residuos de sustrato.





Figura 8. Peso seco de parte aérea de la plántula.

**El índice de esbeltez:** se calculó mediante el cociente de la altura entre el diámetro del tallo. La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente del peso seco aéreo entre el peso seco de raíz.

#### 3.2.5.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998). Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM, posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables evaluadas.

### 3.2.6. Experimento 2

El experimento se estableció el 15 de Abril de 2010. Se evaluaron dos factores, tres porcentajes de estratificación de plantas y dos niveles de aclimatación. El Diseño Experimental utilizado fue Completamente al Azar con arreglo factorial 3 x 2 (Cuadro 2), y se incluyeron 3 repeticiones para cada tratamiento.

Cuadro 2. Descripción de factores evaluados: porcentajes de estratificación y niveles de aclimatación.

Tratamientos	Porcentaje de estratificación (%)	Niveles de aclimatación
T1	50	Sol/sombra
T2	75	Sol/sombra
T3	66	Sol/sombra
T4	50	Sol
T5	75	Sol
T6	66	Sol

#### 3.2.6.1. Estratificación de plantas

La estratificación de las plantas se realizó de forma similar a la descrita en el experimento 1 para los porcentajes del 50 % y 66 %. A continuación se muestra como se realizó la estratificación al 75 % (Figura 9) que corresponde al tercer nivel de manejo de densidad en este experimento.

		1	2		3		4	5	6		7		8	9	10		
		21		20	19	18	17	16		15	14	13	12	11			
			22	23	24	25	26		27	28	29	30	31		32		
		42	41	40		39		38	37	36		35		34	33		
		43	44		45		46	47	48		49		50	51	52		

Figura 9. Estratificación de plantas al 75 %



Se dejaron dos hileras de cada lado que no se cuentan para la toma de datos para evitar el efecto borde.

### **3.2.6.2. Aclimatación de plantas**

Al igual que en el experimento 1, se probaron dos condiciones de aclimatación esto se realizó tres semanas antes de la salida a campo de las plantas. Para diferenciar las dos condiciones las plantas se colocaron en diferentes camas. El proceso de aclimatación para la condición sol/sombra es el mismo que se explica en el experimento 1, es decir, los horarios para mover las mallas.

### **3.2.6.3. Evaluación de las variables morfológicas**

Las variables evaluadas, el número de mediciones y los procedimientos de medición fueron similares a lo que se realizó en el experimento 1. Después de obtener la información de las variables, el índice de esbeltez se calculó mediante el cociente de la altura entre el diámetro del tallo. La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente del peso seco aéreo entre el peso seco de raíz.

### **3.2.6.4. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998). Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM, posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables evaluadas.

### 3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.3.1. Experimento 1

Para el factor aclimatación en cuanto a las variables altura, diámetro e índice de esbeltez, no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), es decir, que todos los niveles de aclimatación tienen el mismo efecto en estas variables, no así para el peso seco aéreo, peso seco de raíz y relación parte aérea/raíz en donde se presentan diferencias (Cuadro 3). Para el factor estratificación se observa que existen diferencias significativas en las variables altura, diámetro, peso seco aéreo, peso seco de raíz, relación peso seco aéreo/raíz, pero no para el índice de esbeltez. Además, no existen diferencias significativas para ninguna de las variables en el caso de la interacción estratificación-aclimatación, es decir que los factores son independientes entre sí.

La mayor altura se presentó en las plántulas que recibieron sol/sombra durante la aclimatación y 66% de estratificación con 11.54 cm, aunque estadísticamente ( $p = 0.05$ ) fue igual al tratamiento 1 y 4, el menor crecimiento se presentó en las plántulas que recibieron como tratamiento sol y 50% de estratificación (Cuadro 4). Al hacer la comparación de diámetros, las plántulas que recibieron sol y 66% de estratificación presentaron mayor incremento seguido por las que recibieron sol/sombra + 66% de estratificación, las de menor de incremento fueron los tratamientos 1 y 3.

Lo anterior coincide con lo encontrado por Grosse y Bourke (1988), en donde el mayor desarrollo en altura total de plantas del género *Nothofagus* se logró bajo los niveles de luminosidad intermedios. En las situaciones extremas con un 100% de luminosidad se obtuvieron los niveles de crecimiento más bajos; sin embargo, en la variable diámetro se mantuvieron prácticamente iguales, con excepción de la situación con menor disponibilidad de luz donde bajaron los valores.

Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de la parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE) en respuesta a dos porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.

FV	GL	ALT		DIAM		PSA		PSR		R PA/R		IE	
		CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value
Aclimatación	1	4.14	0.0780	0.04	0.6748	28.32	<.0001	2.43	0.0012	2.37	<.0001	0.30	0.1333
Estratificación	1	5.51	0.0429	4.88	<.0001	17.42	<.0001	0.90	0.0435	4.70	<.0001	0.50	0.0533
estrat*aclim	1	0.30	0.6330	0.05	0.6469	0.15	0.5923	0.02	0.7831	0.02	0.6048	0.00	0.9008
Error	120	1.90		0.64		0.72		0.33		0.09		0.19	
TOTAL	123												

Por su parte Santelices *et al.* (1995), realizaron un ensayo probando niveles de luminosidad al 100% y 50% y espaciamiento de 80 cm<sup>2</sup>/planta y 160 cm<sup>2</sup>/planta y encontraron que el espaciamiento incide, como era de esperar, en el crecimiento diametral de las plantas y no en la altura, ya que al disponer de más espacio, las plantas tuvieron un mayor crecimiento en diámetro de cuello. El espaciamiento afecta en forma significativa al crecimiento. El diámetro de cuello aumenta en forma proporcional, al tener las plantas mayor espaciamiento, esto coincide con lo encontrado en este experimento, aunque aquí se encontraron diferencias en todas las variables evaluadas a excepción del IE.

Cuadro 4. Valores promedio para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE) en respuesta a dos niveles de aclimatación y dos porcentajes de estratificación.

Tratamientos	ALT	DIAM	PSA	PSR	RPA/R	IE
1	11.27 ab	4.41 b	1.86 c	2.26 ab	0.85 c	2.60 a
2	11.54 a	4.70 a	2.42 b	2.10 b	1.15 b	2.50 a
3	10.89 b	4.41 b	2.59 b	2.47 a	1.06 b	2.52 a
4	11.32 ab	4.77 a	3.27 a	2.35 ab	1.40 a	2.41 a

1=Sol/sombra + 50% de estratificación; 2=Sol/sombra + 66% de estratificación; 3=Sol + 50% de estratificación; 4=Sol + 66% de estratificación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El mayor peso seco aéreo se presentó en las plántulas con sol y 66% de estratificación con 3.27 g, seguido por las plántulas con sol y 50% de estratificación y sol/sombra y 66% de estratificación, el menor valor se presentó en el tratamiento 1. Estas diferencias pueden deberse a la mayor actividad fotosintética en las plantas que estaban expuestas directamente al sol.

El mayor peso seco de raíz se presentó en las plántulas que recibieron sol y 50% de estratificación, sol y 66% de estratificación, sol/sombra y 50% de estratificación, respectivamente, teniendo el valor más bajo las que recibieron sol/sombra 66% de estratificación.

En la relación parte aérea/raíz el mayor valor lo presentó el tratamiento sol y 66% de estratificación, seguido por el tratamiento 2 y 3, el valor más bajo se

presentó en tratamiento sol/sombra y 50% de estratificación. En un ensayo con *Nothofagus alpina* se encontró que los pesos secos del tallo más hojas alcanzaron su valor máximo con el mayor espaciamiento, bajando a medida que la disponibilidad de espacio era más reducida. Para las raíces se produjo una relación inversa. La superficie foliar llegó a su máximo valor al disponer de un área mayor, bajando a medida que el espaciamiento se reducía (Grosse y Bourke, 1988).

### **3.3.2. Experimento 2**

El análisis de varianza presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el factor aclimatación en cuanto al incremento en altura, diámetro, peso seco aéreo (PSA), peso seco de raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R) e índice de esbeltez (IE). El análisis para el factor estratificación presenta diferencias significativas en las variables altura, diámetro, peso seco aéreo, peso seco de raíz pero no en RPA/R ni en IE. Existe interacción significativa entre los dos factores en cuanto a la altura, PSA, RPA/R (Cuadro 5).

La mayor altura con 10.49 cm. se presentó en las plántulas que recibieron sol/sombra y 66% de estratificación, y resultaron estadísticamente iguales que los tratamientos 1 y 2, el menor valor 8.96 cm. lo presentaron las plantas que recibieron sol y 50% de estratificación, y fueron estadísticamente iguales a los tratamientos 5 y 6, que recibieron sol y 66 y 75% de estratificación (Cuadro 6).

Cuadro 5. Análisis de varianza para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE) en respuesta a tres porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.

FV	GL	ALTURA		DIÁMETRO		PSA		PSR		R PA/R		IE	
		CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value
Aclimatación	1	32.66	<.0001	2.49	0.0264	14.93	<.0001	3.94	<.0001	0.72	0.0003	6.22	<.0001
Estratificación	2	14.11	0.0001	5.29	<.0001	2.97	0.0006	1.68	0.0005	0.12	0.0956	0.19	0.4084
estrat*aclim	2	6.12	0.0167	0.78	0.2093	1.76	0.0102	0.25	0.2909	0.30	0.0034	0.21	0.3842
Error	189	1.35		0.40		0.39		0.21		0.06		0.17	
TOTAL	194												

El mayor incremento en diámetro 4.45 mm. se dio en las plántulas con sol y 75% de estratificación y el menor valor 4.02 mm. lo presentó el tratamiento con sol/sombra y 50% de estratificación.

El mayor peso seco aéreo, peso seco raíz, relación parte aérea/raíz , e índice de esbeltez se presentó en las plántulas con sol y 75% de estratificación (tratamiento 5).

Los resultados contrastan un poco con los obtenidos en otra especie, donde a medida que aumentó la sombra, el crecimiento fue mayor tanto en diámetro como en altura, lo que también se vio reflejado en los índices de calidad, observándose diferencias significativas entre aquellas plantas de *Nothofagus alessandrii* tratadas con 35-50 % de sombra respecto de aquellas cultivadas con 80% (Santelices *et al.*, 2011).

Cuadro 6. Valores promedio de las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE), en respuesta a dos niveles de aclimatación y tres porcentajes de estratificación.

Tratamientos	ALT	DIAM	PSA	PSR	RPA/R	IE
1	10.11 ab	3.70 b	1.88 c	1.88 c	1.11 ab	1.11 ab
2	10.36 ab	4.05 b	1.96 c	1.97 c	1.02 b	1.02 b
3	10.49 a	4.02 b	1.77 c	1.78 c	1.02 b	1.01 b
4	8.96 c	3.83 b	2.03 bc	2.03 bc	1.11 b	1.11 b
5	10.23 bc	4.45 a	2.65 a	2.65 a	1.25 a	1.25 a
6	9.68 bc	4.06 ab	2.34 ab	2.34 ab	1.11 b	1.11 b

1=Sol/sombra + 50% de estratificación; 2=Sol/sombra + 75% de estratificación; 3=Sol/sombra + 66% de estratificación; 4=Sol + 50% de estratificación; 5= Sol + 75% de estratificación; 6=Sol + 66% de estratificación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Los distintos niveles de luminosidad causaron diferencias significativas para todas las variables consideradas, sin existir interacción. El mayor desarrollo en altura y diámetro de la especie *Nothofagus alpina* se logró bajo los niveles de luminosidad intermedios, es decir, bajo un 60% de luminosidad (Grosse y Bourke, 1988).

Santelices *et al.*, (1995), señalan que las plantas de *Nothofagus glauca* que se mantuvieron con luminosidad completa tuvieron una alta tasa de mortalidad, a pesar de ser una especie considerada como intolerante, es decir, no es capaz de crecer bajo la sombra.

Al analizar el crecimiento de las plantas, se aprecia que el diámetro está influenciado significativamente por la luminosidad, pues las plantas que estuvieron bajo la cobertura de un 50%, presentan en promedio un crecimiento diametral casi un 10% mayor que aquellas a plena luminosidad, en cuanto al crecimiento en altura no se manifestaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos niveles de luminosidad analizados.

El mayor crecimiento en altura y diámetro se presentó en las plántulas estratificadas al 75%, esto coincide con lo encontrado por Cañellas *et al.* (1999), quienes señalan que las plantas de *Nothofagus* con mayor altura son las que se desarrollaron en mayor densidad en la bandeja. Las plantas cultivadas en menor densidad presentaron el mayor aumento en diámetro y por lo contrario las mayores densidades presentaron menores diámetros. También hay que destacar que el desarrollo radical fue mayor en las plantas que se desarrollaron en menor densidad, hay que tener en cuenta que pueden presentarse desequilibrios entre la parte aérea y radical, que se traduce en plantas demasiado altas y esbeltas.

Grosse y Bourke (1988) mencionan que los distintos espaciamientos incidieron sobre el desarrollo de las plantas de *Nothofagus alpina* de manera que al reducirse el espaciamiento el diámetro varía significativamente de manera negativa. Los pesos secos de la parte aérea alcanzaron su valor máximo con el mayor espaciamiento, bajando a medida que la disponibilidad de espacio era más reducida. Para las raíces se produjo una relación inversa debido al método de medición que considera el peso seco de las raíces por unidad de volumen.

En otro ensayo, se encontraron diferencias significativas en todos los atributos de las plantas de *Nothofagus alessandrii* sometidas a diferentes densidades, a excepción del índice de esbeltez, el espaciamiento incide, como era de



esperar, en el crecimiento diametral de las plantas. Al disponer de más espacio, las plantas tuvieron un mayor crecimiento en diámetro de cuello (Santelices *et al.*, 2011).

El espaciamiento es un factor fundamental para el desarrollo de las plantas. A medida que ellas disponen de mayor espacio, el crecimiento debe ser mayor. La densidad afecta el grado de competencia por la disponibilidad de luz. Por lo general, con un espaciamiento amplio se promueve el desarrollo de raíces más grandes y niveles más altos de reservas de carbohidratos, los que son esenciales ya que les permiten a las plantas tener mayor resistencia al frío y disminuir las pérdidas ocasionadas por el ataque de insectos y enfermedades. Esto concuerda con numerosos estudios al respecto, aunque, para cada especie es diferente (Lavander, 1984).

### **3.4. CONCLUSIONES**

#### **Experimento 1**

Las plantas de *Tectona grandis* producidas bajo sol estratificadas al 66% presentaron los mayores incrementos en altura, diámetro, peso seco aéreo, peso seco de raíz, relación parte aérea/raíz e índice de esbeltez.

Las plantas de *Tectona grandis* producidas bajo sol al 50% de estratificación presentaron los menores incrementos en altura, diámetro, peso seco aéreo y relación parte aérea/raíz.

#### **Experimento 2**

Las plantas de *Tectona grandis* que se encontraban bajo sol tuvieron mayores incrementos en diámetro, peso seco aéreo, peso seco de raíz, relación parte aérea/raíz e índice de esbeltez.

Los más altos incrementos en diámetro, peso seco aéreo, peso seco de raíz, relación parte aérea/raíz e índice de esbeltez, lo obtuvieron las plantas expuestas directamente al sol y con 75% de estratificación.

## CAPÍTULO 4

### PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE *Tectona grandis* Linn. F. CON DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES Y TAMAÑOS DE ENVASE.

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

El diseño del contenedor y el material del que está fabricado condiciona una serie de variables dentro del cultivo: las dimensiones de la planta, la formación del sistema radical, el número de plantas a cultivar por superficie, la cantidad de sustrato a utilizar, el número de cultivos y el costo. Pero además de condicionar nuestra producción de planta, el uso de un tipo de contenedor con unas determinadas formas, materiales y dimensiones puede condicionar el establecimiento de la planta en campo (Domínguez, 2000).

Existen otras variables, dentro del diseño y dimensiones de los contenedores, que se han mostrado condicionantes en el desarrollo de la planta tanto en vivero como en campo. Dentro de éstas, el volumen de los contenedores es una de las variables que más influencia presenta. El agua adicional y la mayor cantidad de nutrientes disponibles en los contenedores mayores han proporcionado mejores resultados de crecimiento y supervivencia en muchos de los estudios realizados (Peñuelas y Ocaña, 1996).

Un incremento de la fertilización produce plantas más desarrolladas, con mayores contenidos de nutrientes y una mayor capacidad de producción de nuevas raíces. Dichas características han sido a menudo relacionadas positivamente con la supervivencia y crecimiento de las plantaciones jóvenes de *Quercus ilex* (Villar *et al.*, 2001).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de dos tamaños de envase y dos tipos de fertilizante en las características morfológicas de *Tectona grandis* Linn. F durante el cultivo en vivero.

## **4.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.2.1. Localización del vivero**

La producción de planta se llevó a cabo en el vivero de la empresa Agropecuaria Santa Genoveva S.A. de C.V. (AGSA). Que se localiza en el Estado de Campeche aproximadamente a 85 kilómetros al sureste de la Ciudad de Campeche, en las coordenadas 19°32'59.47" N y 90°01'10.94" W. De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García, el clima se clasifica como Aw"o(i)"g, es decir clima Cálido subhúmedo con lluvias en verano. (INEGI Carta de Climas 1:1, 000,000), la precipitación media anual es 1,095 mm y la temperatura media anual es de 27°C.

### **4.2.2. Materiales utilizados**

#### **Semillas**

Las semillas de teca son importadas del Banco de Semillas Forestales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, de Costa Rica.

#### **Envases**

Los envases son de polietileno negro, resistentes a las condiciones ambientales. Para evitar el problema de espiralamiento de raíces se han desarrollado envases con características especiales antiespiralamiento para provocar la poda natural de las raíces. Estos envases son colocados en rejillas de polietileno, con capacidad para contener 54 envases, se utilizan dos tamaños de envase, 220 cm<sup>3</sup> y 310 cm<sup>3</sup>.

#### **Sustrato**

El sustrato utilizado en el vivero es una mezcla de peat moss (50 %), vermiculita (25 %), agrolita (25%) y 3.5 g/l de Osmocote.

### 4.2.3. Manejo de la planta en vivero

#### Siembra

Antes de la siembra las semillas fueron remojadas 24 horas, el procedimiento de siembra se realizó de forma manual. Se depositan dos semillas de teca por envase. Después de la siembra de las semillas y hasta su germinación, las camas de germinación son cubiertas con un acolchado plástico con el fin de aumentar la germinación. El acolchado sirve para elevar la temperatura aproximadamente hasta 50 °C, conservar la humedad (se riega cada dos días), y con ello acelerar y uniformizar la germinación. Además ayuda a evitar que las aves y ratas se coman las semillas y las hormigas los embriones.

La siembra fue realizada el dos de marzo de 2010 y después de un mes se trasplantó al lugar definitivo, donde se aplicaron los tratamientos. La aplicación de fertilizantes se hizo con mochila aspersora (Figura 10), una vez establecido el experimento.

### 4.2.4. Establecimiento del experimento

El experimento se estableció el tres de Abril de 2010. Se evaluaron dos tamaños de envase y dos tipos de fertilizante, como lo muestra el Cuadro 7, el diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con arreglo factorial de 2 x 2 y 3 repeticiones.

Cuadro 7. Tamaños de envase y tipos de fertilizante utilizados para la producción de plantas de teca

Tratamiento	Tamaño de envase	Tipo de fertilizante
1	Envase chico (220 ml)	Agrokelp®
2	Envase chico (220 ml)	Fertilizante soluble
3	Envase grande (310 ml)	Agrokelp®
4	Envase grande (310 ml)	Fertilizante soluble

#### 4.2.5. Envases y fertilización

Al momento de trasplantar y establecer el experimento se utilizaron dos tamaños de envases rígidos (tubetes) de polietileno negro, envase chico de 220 ml y envase grande 310 ml.

Posterior al trasplante se inició el proceso de fertilización con Agrokelp®, que es el esquema que siguen actualmente en el vivero de la empresa (Cuadro 8), este se aplicó manualmente con mochila aspersora cada semana, y el otro esquema de fertilización fue con fertilizantes solubles, que se aplicó cada 5 días de la misma forma que en el caso anterior (Cuadro 9).

Cuadro 8. Esquema de fertilización con Agrokelp®

<b>AGROKELP®</b>	
<b>FERTILIZANTE</b>	<b>DOSIS</b>
Agrokelp®	2 ml x litro de agua
Agrokelp®	3 ml x litro de agua
Agrokelp®	4 ml x litro de agua
Quelato de Fierro	3 g x litro de agua
Oxicloruro de Cobre	2 ml x litro de agua
Pro root	2 g x litro de agua
Agrokelp®	3 ml x litro de agua
Agrokelp®	3 ml x litro de agua
Agrokelp®	2 ml x litro de agua
Finalizador	3 g x litro de agua

Cuadro 9. Esquema de fertilización de fertilizantes solubles

<b>FERTILIZANTES SOLUBLES</b>	
<b>FERTILIZANTE</b>	<b>DOSIS</b>
Iniciador (8-45-14)	2 g x litro de agua
Bionares suelo	1 ml x litro de agua
Ferrilen	2 g x litro de agua
Roting	2 g x litro de agua
Multimicro	1 g x litro de agua
Cupravit	2 g x litro de agua
intermedio (12-36-12)	2 g x litro de agua
Brexil-combi	1-2 g x litro de agua
NKS + proroot	3-4 g x litro de agua
Ferrilen	3 g x litro de agua
Finalizador (4-25-35)	3 g x litro de agua
NKS	3 g x litro de agua



Figura 10. Aplicación de fertilizantes con mochila aspersora.

#### **4.2.6. Evaluación de las variables morfológicas.**

Una vez establecido el experimento se realizaron las mediciones de la altura total y el diámetro del cuello de la raíz de cada planta, cada dos semanas, en total, fueron tres mediciones para cada una de las variables.

Para la evaluación de la biomasa se tomó una muestra destructiva de 45 plantas por tratamiento. Se extrajeron las plántulas del envase y se lavaron con cuidado para eliminar el sustrato de las raíces. Posteriormente se separó la parte aérea de la raíz y se colocaron en bolsas de papel previamente rotuladas para poder identificarlas. Al final se colocaron las plántulas dentro de una estufa de secado a 70° hasta obtener peso constante, después se pesaron las muestras con una balanza analítica y con los pesos secos se calculó el índice de esbeltez, la relación parte aérea/raíz y el índice calidad de Dickson (ICD).

#### **4.2.7. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998). Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM; posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables evaluadas.

### 4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para las plántulas de teca mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el factor tamaño de envase en cuanto a las variables altura, peso seco aéreo (PSA), peso seco de raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE) e índice de calidad de Dickson (ICD), no así en diámetro. Para el factor fertilizante en cuanto a la altura, PSA e IE mostró diferencias significativas; sin embargo para las variables diámetro, PSR, RPA/R e IDC no hubo diferencias significativas. No hubo interacción para ninguna de las variables, es decir que la respuesta del factor tamaño de envase sigue la misma tendencia en cada tipo de fertilizante. Puede decirse que los dos factores son independientes entre sí.

La mayor altura se presentó en las plantas que se produjeron en envase grande+fertilizante soluble con 15.03 cm y la menor altura se presentó en las producidas en envase chico+agrokelp® con 12.46 cm. Esto coincide con lo encontrado por Domínguez *et al.* (1997), donde los contenedores con volúmenes iguales o mayores a 300 cc. presentaron resultados significativamente superiores en las variables morfológicas (altura, diámetro, pesos secos) para las especies *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*, en comparación con los contenedores más pequeños.



Cuadro 10. Análisis de varianza para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE), índice de calidad de Dickson (ICD) en respuesta a dos tipos de fertilizante y dos tamaños de envase.

FV	GL	ALT		DIAM		PSA		PSR		R PA/R		IE		ICD	
		CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value
Envase	1	68.45	<.0001	0.00	0.9423	2.84	0.0044	5.13	<.0001	22.40	<.0001	6.29	0.0002	0.59	<.0001
Fertilizante	1	80.80	<.0001	1.01	0.0509	1.61	0.0297	0.07	0.4101	2.09	0.0841	2.23	0.0212	0.00	0.6355
E*F	1	1.28	0.3445	0.87	0.0692	0.01	0.8548	0.26	0.1226	0.03	0.8370	1.75	0.0404	0.00	0.6668
Error	120	2.16		0.27		0.35		0.12		0.60		0.47		0.02	
TOTAL	123														

En un estudio, Ocaña *et al.* (1997) encontraron que los contenedores con volumen mayor, presentaron altos incrementos en altura de *Pinus pinaster*. Es decir, que el crecimiento de las plantas tienen tendencia a ser mayor cuanto más alto es el volumen del contenedor y menos la densidad de cultivo. Husen (2003) menciona que la fertilización con solubles causa un aumento significativo en crecimiento de altura, diámetro del cuello y el número de hojas en las plántulas de teca.

En el estudio realizado por Gopikumar y Varghese (2004), las plántulas de teca que recibieron solución nutritiva completa estaban sanas y vigorosas. Los brotes y las raíces de las plantas deficientes de nutrientes se vieron afectados. Los fertilizantes solubles completos reducen considerablemente los síntomas visuales por deficiencia de nutrimentos y existe una mejoría notable en el crecimiento de las plántulas en diámetro y altura así como en peso seco de raíz.

Cuadro 11. Valores promedio para las variables altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de parte aérea (PSA), peso seco de raíz (PSR), relación parte aérea/raíz (RPA/R), índice de esbeltez (IE), índice de calidad de Dickson (ICD), en respuesta a dos tamaños de envase y dos tipos de fertilizante.

Tratamientos	ALT	DIAM	PSA	PSR	RPA/R	IE	ICD
1	12.46 c	3.44 ab	1.81 b	0.72 b	2.60 a	3.69 b	0.41 b
2	13.97 b	3.45 ab	2.02 ab	0.84 b	2.78 a	4.11 a	0.42 b
3	13.86 b	3.30 b	2.08 ab	1.14 a	1.87 b	4.26 a	0.53 a
4	15.03 a	3.59 a	2.25 a	1.10 a	2.11 b	4.29 a	0.53 a

Tratamientos: 1=envase chico+agrokelp®; 2=envase chico+fertilizante soluble; envase grande+agrokelp®; 4=envase grande+fertilizante soluble. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Al hacer la comparación de diámetros el mayor incremento se presentó en el tratamiento 4 (envase grande+fertilizante soluble). Esto a diferencia de lo encontrado por Ocaña *et al.* (2001), que al aplicar diferentes dosis de fertilización (N-P-K) en cuatro especies forestales de latifoliadas no hubo diferencias significativas en cuanto al diámetro.

En una investigación conducida en Nandayure y Hojanca, en Costa Rica, se encontró que al adicionar fertilizantes solubles (N-P-K) al trasplante de las

plántulas de teca se produjo el mayor incremento en altura y diámetro de las plántulas (Fonseca, 2000).

El mayor peso seco aéreo se presentó en el envase grande+fertilizante soluble con 2.25 g contra 1.81 del envase chico+agrokelp®. El peso seco de raíz también presenta diferencias significativas al comparar envase grande+agrokelp® con 1.14 g contra envase chico+agrokelp® 0.72 g. Esto concuerda con lo encontrado por Torrente y Pemán (2004), donde concluyen que el mayor peso seco aéreo y peso seco de raíz en *Pinus pinea* y *Quercus coccifera* lo encontraron en los envases grandes de 350 cm<sup>3</sup> de volumen.

Álvarez (2000), estudió una formulación (Rootinn), que es a base de un extracto de algas marinas (Algaenzimas) en la producción de *Lycopersicon esculentum*, este experimento mostró que tuvo muy buenos rendimientos en la producción de esta especie. La fertilización con algas marinas tuvo buen crecimiento y rendimiento del tomate, aumentó la producción de frutos y además mostraron resistencia a enrollamiento de las hojas, marchitez bacteriana y el barrenador de la fruta (Zodape *et al.*, 2011).

La relación parte aérea/raíz mostró diferencias significativas en los tratamientos de envase donde envase chico+fertilizante soluble tiene valor de 2.78 contra envase grande+agrokelp® con 1.87.

En cuanto a los valores del índice de esbeltez e índice de calidad de Dickson el mejor fue el tratamiento 4 (envase grande+fertilizante soluble). Las plantas de *Pinus pinea* con mayor altura, PSR, e IE son a las que se le aplicó mayor concentración de fertilizante soluble (N-P-K); con respecto al diámetro, y PSR no existieron diferencias (Cañellas *et al.*, 1999).

Santelices *et al.* (2011), encontraron que la fertilización con solubles en *Nothofagus alessandrii* no afectó a ninguno de los atributos evaluados, observándose un desarrollo homogéneo de las plantas, esto se contrapone a los resultados encontrados en este experimento.

En ensayos realizados en El Serranillo, al analizar las variables Peso seco de la parte aérea (PSA), Peso seco radical (PSR), Peso seco total (PST), Número de ramificaciones, relación PSA/PSR y Potencial de regeneración de raíces, de las especies *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*, los envases que peores resultados presentaron fueron, principalmente, los de menor volumen y alta densidad (Domínguez, 2000).

#### **4.4. CONCLUSIONES**

Las plántulas que se desarrollaron mejor en envases grandes de 310 cm<sup>3</sup>, en comparación con los envases pequeños.

Las plantas desarrolladas con fertilizantes solubles tanto en envase chico como grande son las que presentaron mayor crecimiento.

**CAPITULO 5**  
**EFFECTO DE LA ACLIMATACIÓN Y DEL PORCENTAJE DE**  
**ESTRATIFICACIÓN SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL**  
**DE *Tectona grandis* Linn. F EN CAMPO.**

**5.1. INTRODUCCIÓN**

El buen desarrollo de las plantaciones forestales está asociado a la calidad morfológica y fisiológica de las plantas, que depende, a su vez, del modo en que éstas son cultivadas en el vivero. Las prácticas en vivero que más incidencia tiene sobre las características funcionales de la planta y su posterior desarrollo en campo son la fertilización y el manejo de densidad, esto nos permite analizar el efecto de las prácticas culturales del cultivo en vivero de las diversas especies sobre la supervivencia y el crecimiento inicial en campo (Ocaña *et al.*, 1997).

A medida que disminuye la luminosidad, los sistemas radicales se desarrollan en forma pobre y superficial (Spurr y Barnes, 1980), lo que sin duda incide en el crecimiento y su posterior comportamiento en campo. El espaciamiento es un factor fundamental para el desarrollo de las plantas. A medida que ellas disponen de mayor espacio, el crecimiento debe ser mayor. La densidad afecta el grado de competencia por la disponibilidad de luz, humedad y nutrimentos. Por lo general, con un espaciamiento amplio se promueve el desarrollo de raíces más grandes y niveles más altos de reservas de carbohidratos, los que son esenciales ya que les permiten a las plantas tener mayor resistencia al frío y disminuir las pérdidas ocasionadas por el ataque de insectos y enfermedades.

Por ello el uso de plantas de alta calidad es importante para el éxito de las plantaciones de cualquier especie, dentro de nuestros objetivos en este estudio esta evaluar la supervivencia y crecimiento inicial de *Tectona grandis* Linn. F. con diferentes niveles de estratificación y de sombreado de las plantas.

## 5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.2.1. Localización del sitio de plantación

La plantación de las plántulas de teca se hizo en Palenque, Chiapas, en el Rancho denominado Finisterra, dentro de las coordenadas 17°36'40" N y 92°13'02" W.

El sitio de plantación presenta suelos de tipo Luvisol, que es un tipo de suelo que se desarrolla dentro de las zonas con pendientes suaves o llanuras, en climas en los que existen notablemente definidas las estaciones secas y húmedas, este término deriva del vocablo latino *lure* que significa lavar, refiriéndose al lavado de arcilla de las capas superiores, para acumularse en las capas inferiores, donde frecuentemente se produce una acumulación de la arcilla y denota un claro enrojecimiento por la acumulación de óxidos de hierro.

### 5.2.2. Etapa de vivero

La planta utilizada se produjo en el Vivero Forestal "Santa Genoveva", ubicado en el Estado de Campeche aproximadamente a 85 kilómetros al sureste de la ciudad de Campeche, en las coordenadas 19°32'59.47" N y 90°01'10.94" W. Las semillas de *Tectona grandis* Linn. F. son importadas en su totalidad del Banco de Semillas Forestales (BSF) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Costa Rica. Los envases son de polietileno negro, resistentes a las condiciones ambientales, ligeros para facilitar su manejo y transporte y liberan fácilmente el sustrato. Estos envases son colocados en rejillas de polietileno, con capacidad para contener 54 de ellos.

El tamaño de envase utilizado fue de 310 cm<sup>3</sup>. Como sustrato se utilizó la mezcla de peat moss (50 %), vermiculita (25 %), agrolita (25 %) y 3.5 g/l de mezcla de Osmocote® (19-6-12), 0.15 g/l de mezcla de endomicorriza. La siembra se realizó el 15 de febrero de 2010. La fertilización con Agrokelp® se realizó por medio de fertirriego, cada semana. A finales de la séptima semana, se seleccionaron y agruparon las plántulas por su tamaño, se clasificaron en

grandes y chicas. A partir de esta clasificación se establecieron dos experimentos, en el primero se utilizaron las plantas grandes, probando el efecto de dos porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación en vivero y su respuesta inicial en campo, y en el segundo las plantas chicas, probando tres porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.

### **5.2.3. Establecimiento de la plantación**

La preparación del terreno se realizó con un subsoleo inicial mediante un tractor de oruga, con y posteriormente se hizo el bordeado, el fin de lograr mayor retención de agua y nutrientes para las plantas, favorecer el desarrollo de las raíces, controlar malezas y mejorar los rendimientos de plantación.

Una brigada topográfica establece las líneas base para la plantación con la cual se guiará para llevar a cabo el bordeado. Esta actividad consiste en el levantamiento del suelo a una determinada altura con la finalidad de prevenir que la planta muera.

Por último el encamado, que consiste en dar forma al bordo es decir quitar la cresta que se forma cuando se levanta el suelo con el borderero. La encamadora es un implemento agrícola operado por un tractor que consta de dos discos, uno en cada extremo.

Para el establecimiento de la plantación (Figura 13), se marcan líneas para mantener las distancias entre hileras. Primero se apoya con la brigada topográfica para marcar las líneas bases en un marco de 3.5 por 3.5 m., con una densidad de plantación de 816 plantas por hectárea. El total de plántulas establecidas fue de 560, esta actividad fue realizada el 15 de junio de 2010.



Figura 11. Establecimiento de la plantación en el Rancho Finisterra, Chiapas.

#### 5.2.4. Experimento 1

El diseño utilizado fue completamente al azar. Constó de 2 niveles de estratificación, 2 niveles de aclimatación (Cuadro 12), se establecieron 4 repeticiones para cada tratamiento y cada unidad experimental constó de 10 plantas, estos tratamientos aquí descritos son los que se aplicaron en vivero, solo fueron evaluados en campo.

Cuadro 12. Descripción de los niveles de los factores evaluados: aclimatación y estratificación.

Tratamientos	Porcentaje de estratificación	Niveles de aclimatación
T1	50 %	Sol/sombra
T2	66 %	Sol/sombra
T3	50 %	Sol
T4	66 %	Sol



#### **5.2.4.1. Evaluación de las variables**

##### **a) Evaluación del incremento en diámetro y altura**

Para la medición del crecimiento en diámetro y altura se utilizó un estadal y vernier digital, esta actividad fue realizada el 22 de noviembre de 2011.

##### **b) Evaluación de la supervivencia**

Para la evaluación de la supervivencia se hizo un conteo directo de las plantas que vivas y las muertas a partir de ahí se calcularon los porcentajes de supervivencia, esta actividad fue realizada el 22 de noviembre de 2011.

#### **5.2.4.2. Análisis estadístico**

##### **a) Evaluación del incremento en diámetro y altura**

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998). Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM, posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

##### **b) Evaluación de la supervivencia**

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998). Previo al análisis de los datos se hizo la transformación arcoseno de los mismos.

#### **5.2.5. Experimento 2**

El diseño utilizado fue completamente al azar. Constó de 3 niveles de estratificación, 2 niveles de aclimatación, se establecieron 4 repeticiones y cada unidad experimental constó de 10 plantas, estos tratamientos al igual que en el experimento 1 fueron aplicados en vivero y evaluados en campo.

Cuadro 13. Descripción de los niveles de los factores evaluados: aclimatación y estratificación.

Tratamientos	Porcentaje de estratificación	Niveles de aclimatación
T1	50%	Sol/sombra
T2	75%	Sol/sombra
T3	66%	Sol/sombra
T4	50%	Sol
T5	75%	Sol
T6	66%	Sol

#### 5.2.5.1. Evaluación de las variables

##### a) Evaluación del incremento en diámetro y altura

Para la medición del crecimiento en diámetro y altura se utilizó un estadal y vernier digital, esta actividad fue realizada el 22 de noviembre de 2011.

##### b) Evaluación de la supervivencia

Para la evaluación de la supervivencia se hizo un conteo directo de las plantas que vivas y las muertas a partir de ahí se calcularon los porcentajes de supervivencia, esta actividad fue realizada el 22 de noviembre de 2011.

#### 5.2.5.2. Análisis estadístico

##### a) Evaluación del incremento en diámetro y altura

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998). Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM, posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables evaluadas.

**b) Evaluación de la supervivencia**

Se realizó análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM, posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba Tukey. El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998).

## 5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.3.1. Experimento 1

Después de 17 meses en campo, y en respuesta a los tratamientos aplicados en el vivero, el análisis de varianza para las plántulas de teca, presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el factor estratificación en cuanto al incremento en altura, pero no para el diámetro ni supervivencia. Presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el factor aclimatación en altura y diámetro pero no para supervivencia. En el caso de la interacción *estrat\*aclim*, la altura y el diámetro muestran que si existe interacción, no así para supervivencia.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable altura (ALT), diámetro (DIAM) y supervivencia (SUP), en respuesta a dos porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.

FV	GL	ALT		DIAM		SUP	
		CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value
Aclimatación	1	2.07	0.0001	235.41	0.0301	1250.00	0.2152
Estratificación	1	0.78	0.0169	124.21	0.1132	2812.50	0.0641
<i>estrat*aclim</i>	1	4.19	<.0001	208.58	0.0409	312.50	0.5345
Error	106	0.13		48.70		805.08	
TOTAL	109	7.16		616.89		5180.08	

Esta evaluación mostró que existe diferencia significativa entre los efectos de los tratamientos en vivero, en cuanto a su desarrollo en campo. La mayor altura y diámetro se presentó en las plantas que recibieron sol/sombra y estratificación del 50%, seguidas por las plantas de los tratamientos 2 y 4 respectivamente, la menor altura y diámetro se presentó en las plantas producidas bajo sol y al 66% de estratificación. Esto coincide con lo encontrado por Grosse y Bourke (1988) en plantas de *Nothofagus glauca* que llegaron a su valor más alto en diámetro y altura bajo los niveles de luminosidad intermedios, es decir sol/sombra.

Sin embargo en la supervivencia no se encontraron diferencias entre tratamientos, esto coincide con lo encontrado por Santelices *et al.* (1995), en

donde el espaciamiento no afectó en forma significativa la supervivencia de las plantas de *Nothofagus glauca*. Para los dos niveles analizados, las tasas alcanzadas no fueron altas, ya que solo se probaron dos, sin embargo sí incide, como era de esperar, en el crecimiento diametral de las plantas y no en la altura.

En otro ensayo realizado por Villar *et al.* (2001), encontraron que el sombreado (Sol y Sol/sombra) experimentado por las plantas de *Quercus Ilex* en el vivero no influyó en el desarrollo de las plantas en campo, en ninguna de las variables. Por otro lado Santelices *et al.* (1995), manifiesta que existe un claro efecto de la luminosidad en la supervivencia de las plantas sobre la supervivencia, las que recibieron sol y sombra, tuvieron mejor resultado en *Nothofagus glauca*.

En un estudio se sometieron plantas de *Nothofagus alessandrii* a diferentes grados de luminosidad, se demostró que se manifiesta un claro efecto de la luminosidad en la sobrevivencia de las plantas. Al analizar el crecimiento de las plantas, se aprecia que el diámetro está influenciado significativamente por la luminosidad no así para la altura. En cuanto al espaciamiento no se vio afectada la supervivencia pero se registraron diferencias significativas en los atributos de las plantas, altura y diámetro (Santelices *et al.*, 2011).

Cuadro 15. Valores promedio de altura (ALT), diámetro (DIAM) y supervivencia (SUP) en respuesta a dos niveles de aclimatación y dos porcentajes de estratificación.

TRATAMIENTOS	ALT	DIAM	SUP
1	5.98 a	62.59 a	81.25 a
2	5.75 a	61.79 a	93.75 a
3	5.32 b	56.91 b	90.62 a
4	5.85 a	61.55 ab	96.87 a

1=Sol/sombra + 50% de estratificación; 2=Sol/sombra + 66% de estratificación; 3=Sol + 50% de estratificación; 4=Sol + 66% de estratificación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

### 5.3.2. Experimento 2

El factor estratificación aplicado en vivero no presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en cuanto al incremento en altura, diámetro y supervivencia iniciales en campo, es decir, que todos los niveles del factor estratificación producen el mismo efecto sobre el incremento en altura, diámetro y supervivencia.

El factor aclimatación aplicado en vivero presentó diferencias significativas solo en altura pero no en diámetro ni supervivencia iniciales en campo. No existe interacción entre estos dos factores, es decir que los factores son independientes entre sí.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable altura (ALT), diámetro (DIAM) y supervivencia (SUP) en respuesta a tres porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.

FV	GL	ALT		DIAM		SUP	
		CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value
Aclimatación	1	1.3757	0.0036	76.355	0.1684	0.005	0.8291
Estratificación	2	0.0014	0.9912	37.201	0.3955	0.005	0.9544
estrat*aclim	2	0.3848	0.0897	94.423	0.0970	0.005	0.9544
Error	155	0.1571		39.87		0.111	
TOTAL	160	1.92		247.85		0.13	

Al evaluar la altura, el diámetro y la supervivencia de la plantación a 17 meses de edad podemos ver que existen diferencias significativas entre tratamientos, en altura pero no en diámetro ni en supervivencia.

Cuadro 17. Valores promedio de altura (ALT), diámetro (DIAM) y supervivencia (SUP) en respuesta a tres porcentajes de estratificación y dos niveles de aclimatación.

Tratamientos	ALT	DIAM	SUP
1	5.68 ab	59.29 a	87.5 a
2	5.69 ab	60.53 a	87.5 a
3	5.82 a	63.07 a	87.5 a
4	5.61 ab	59.45 a	90.6 a
5	5.59 ab	60.69 a	87.5 a
6	5.45 b	58.73 a	87.5 a

1=Sol/sombra + 50% de estratificación; 2=Sol/sombra + 75% de estratificación; 3=Sol/sombra + 66% de estratificación; 4=Sol + 50% de estratificación; 5= Sol + 75% de estratificación; 6=Sol +

66% de estratificación. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

La mayor altura se presentó en las plantas producidas bajo sol/sombra y al 66% de estratificación, seguidas por los tratamientos 2, 1, 4 y 5, y el menor incremento se presentó en las producidas bajo sol y al 66% de estratificación.

Santelices *et al.* (2011), concluyeron que las plantas que disponen de mayor radiación presentan un crecimiento mayor en diámetro, pero no en altura, lo que se evidencia en las plantas crecidas con una sombra del 35 y 50 %. Ello, probablemente, porque con tales niveles de sombra la fotosíntesis fue mayor. Cuando factores como la luz y la humedad del suelo están en condiciones favorables, las plantas alcanzan las máximas tasas fotosintéticas.

El espaciamiento afecta en forma significativa al crecimiento. El diámetro de cuello aumenta en forma proporcional, al tener las plantas mayor espaciamiento. En cambio, no tiene incidencia en la supervivencia (Santelices *et al.*, 1995). Por otra parte, South (2000), ha sugerido que la respuesta inicial en una plantación se ve afectada, en orden de importancia, por las condiciones ambientales del sitio de plantación, el manejo de la planta, su morfología y su fisiología.

## 5.4. CONCLUSIONES

### EXPERIMENTO 1

Las plantas producidas bajo sol/sombra al 50% de estratificación, presentaron mejor desempeño en campo en diámetro y altura a 17 meses de plantadas.

Las plantas de *tectona grandis* Linn. F. producidas bajo Sol y 66% de estratificación fueron las que presentaron mayor supervivencia en campo a 17 meses de plantadas.

Las plantas producidas bajo sol al 50% de estratificación, presentaron el menor incremento en campo en las variables diámetro y altura a los 17 meses de plantados.

## **EXPERIMENTO 2**

Las plantas producidas al 66% de estratificación y aclimatadas en sol/sombra presentaron mejor incremento en diámetro, altura en campo, después de 17 meses de plantadas.

Las plantas producidas al 50% de estratificación y aclimatadas en sol presentaron mayor supervivencia en campo después de 17 meses de plantadas, aunque estadísticamente no hay diferencias entre tratamientos.

Las plantas producidas al 66% de estratificación y bajo sol, presentaron los menores incrementos en altura, diámetro y supervivencia en campo después de 17 meses de plantadas.



## CAPÍTULO 6

### EFFECTO DEL TAMAÑO DE ENVASE Y DEL TIPO DE FERTILIZANTE SOBRE LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE *Tectona grandis* Linn. F. EN CAMPO

#### 6.1. INTRODUCCIÓN

Un contenedor forestal no es sino un envase mas o menos grande y con ciertas características de fabricación especiales, donde se realiza el cultivo de una planta forestal, pero donde, a diferencia de lo que ocurre con las plantas ornamentales, la calidad del resultado no se encuentra en el follaje o en las flores sino en el resultado que la planta tiene una vez que se establece en campo tanto por su supervivencia como por su crecimiento, y como ambos factores se relacionan directamente con la capacidad del sistema radical de regenerar rápidamente nuevas raicillas, la mayoría de las características de diseño de los envases buscan la creación de un buen sistema radical y de su protección hasta la plantación (Landis, 1990).

La elección de un determinado tipo de contenedor es quizás una de las decisiones más importantes a tomar por los viveristas, pues no solo condiciona el resultado final del brinzal, tanto en su aspecto morfológico como fisiológicamente, sino también el tipo y modo de prácticas culturales en el vivero.

El volumen y la forma del contenedor determinan en gran medida los resultados del cultivo en vivero de plantas forestales y la duración del cultivo más allá de un período vegetativo suele influir negativamente en la calidad de la planta y empeora sus resultados en campo (Peñuelas y Ocaña, 1993).

El propósito de nuestro estudio es evaluar la supervivencia y crecimiento inicial de *Tectona grandis* Linn. F. en campo, usando plantas producidas en envases de diferentes tamaños y diferentes tipos de fertilizantes en vivero.

## **6.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.2.1. Localización del sitio de plantación**

La plantación de las plántulas de teca se hizo en Palenque, Chiapas, en el Rancho denominado Finisterra, dentro de las coordenadas 17°36'40" N y 92°13'02" W. El sitio de plantación presenta suelos de tipo Luvisol

### **6.2.2. Etapa de vivero**

Las semillas de teca son importadas del Banco de Semillas Forestales (BSF) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Costa Rica. Los envases son de polietileno negro, resistentes a las condiciones ambientales. Estos envases son colocados en rejillas de polietileno, con capacidad para contener 54 envases, se utilizaron dos tamaños de envase, 220 cm<sup>3</sup> y 310 cm<sup>3</sup>. El sustrato utilizado en el vivero para la producción de plantas es la mezcla de peat moss 50 %, vermiculita 25 %, 25% agrolita y 3.5 g/l de Osmocote.

El procedimiento de siembra se hace de forma manual. Se depositan dos semillas de teca por envase. Después de la siembra de las semillas y hasta su germinación, las camas de germinación son cubiertas con un acolchado plástico con el fin de aumentar la germinación.

La siembra fue realizada el dos de marzo de 2010 y se trasplantó al lugar definitivo donde se aplicaron los tratamientos del experimento el tres de abril de 2010. La aplicación de fertilizantes se hizo con mochila aspersora, esta actividad se inició al trasplantar las plantas, se utilizaron dos tipos de fertilizante, fertilizantes solubles y Agrokelp®, se aplicaron cada semana.

### **6.2.3. Establecimiento de la plantación**

Para el establecimiento de la plantación se marcan líneas para mantener las distancias entre hileras. Primero se apoya con la brigada topográfica para

marcar las líneas bases en un marco de 3.5 por 3.5 m., con una densidad de plantación de 816 plantas por hectárea. El total de plántulas establecidas fue de 560, esta actividad fue realizada el 15 de junio de 2010.

#### **6.2.4. Diseño del experimento**

El diseño utilizado fue completamente al azar. Constó de dos tamaños de envase, dos tipos de fertilizante (Cuadro 18), se establecieron cuatro repeticiones para cada tratamiento y cada unidad experimental constó de 10 plantas.

Cuadro 18. Descripción de los niveles de los factores evaluados: tamaño de envase y tipos de fertilizante.

Tratamientos	Tamaño de envase	Tipo de fertilizante
T1	Envase chico	Agrokelp®
T2	Envase chico	Fertilizante soluble
T3	Envase grande	Agrokelp®
T4	Envase grande	Fertilizante soluble

#### **6.2.4. Evaluación de las variables**

##### **a) Evaluación del incremento en diámetro y altura**

Para la medición del crecimiento en diámetro y altura se utilizó un estadal y un vernier digital, esta actividad fue realizada el 22 de noviembre de 2011.

##### **b) Evaluación de la supervivencia**

Para la evaluación de la supervivencia se hizo un conteo directo de las plantas que vivas y las muertas a partir de ahí se calcularon los porcentajes de supervivencia, esta actividad fue realizada el 22 de noviembre de 2011.

### **6.2.5. Análisis estadístico**

#### **a) Evaluación del incremento en diámetro y altura**

El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998). Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM, posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables evaluadas.

#### **b) Evaluación de la supervivencia**

Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM, posteriormente se realizaron comparaciones de medias con la prueba Tukey, previo a esto se hizo la transformación arcoseno de los datos. El análisis estadístico de la información se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 8 (SAS Institute, 1998).

### 6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para las plántulas de teca no mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el factor tamaño de envase en cuanto al incremento en altura, diámetro y supervivencia. Tampoco presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el factor fertilizante en las variables altura, es decir, que todos los tamaños del factor envase producen el mismo efecto sobre el incremento en altura.

Sin embargo para las variables diámetro y supervivencia si existen diferencias estadísticamente significativas. No existe interacción entre estos dos factores, es decir que los factores son independientes entre sí.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable altura (ALT), diámetro (DIAM) y supervivencia (SUP) en respuesta a dos tipos de fertilizante y dos tamaños de envase.

FV	GL	ALT		DIAM		SUP	
		CM	F-value	CM	F-value	CM	F-value
Envase	1	0.2548	0.2108	68.25	0.2432	0.195	0.1916
Fertilizante	1	0.5724	0.0620	196.71	0.0490	0.945	0.0046
E*F	1	0.0160	0.7530	0.00	1.00	0.195	0.1916
Error	99	0.1606		49.51		0.113	
TOTAL	102	1.004		314.48		1.449	

Al hacer la comparación podemos darnos cuenta que estadísticamente no existe diferencia significativa entre tratamientos en las variables diámetro y altura, sin embargo en la supervivencia hay una clara diferencia, el mayor porcentaje se presentó en las plantas que se produjeron con agrokelp y en diferentes envases, el menor porcentaje de supervivencia se presentó en las plantas producidas en envase chico y con fertilizante soluble.

El estudio realizado por Marcelli y Piotto (1993), demuestra que además el agua adicional y la mayor cantidad de nutrientes disponibles en los envases mayores proporcionan significativamente mejores resultados de crecimiento y supervivencia.

Sin embargo, esto se contrapone a lo que indican en su estudio, Peñuelas y Ocaña (1993), sobre que los contenedores de mayor tamaño siempre dan mejores resultados que los de menor tamaño, pero, estos resultados no suelen afectar a la supervivencia de las plantas, que suele ser equivalente para todos los contenedores, pero si a los crecimientos en diámetro y altura.

Cuadro 20. Valores promedio de altura (ALT), diámetro (DIAM) y supervivencia (SUP) en respuesta a dos tipos de fertilizante y dos tamaños de envase.

Tratamientos	ALT	DIAM	SUP
1	5.39 a	55.60 a	93.7 a
2	5.49 a	58.14 a	68.7 b
3	5.44 a	56.98 a	93.7 a
4	5.62 a	59.68 a	84.3 ab

Tratamientos: 1=envase chico+agrokelp®; 2=envase chico+fertilizante soluble; envase grande+agrokelp®; 4=envase grande+fertilizante soluble. Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En ensayos realizados en El Serranillo, con 25 modelos diferentes de contenedores, se ha encontrado que el volumen del contenedor es la variable que más alta correlación muestra con el tamaño de la planta y la supervivencia en campo. Siendo la densidad, la variable que sigue en importancia al volumen y que se encuentra, sobre todo, estrechamente correlacionada con el diámetro de la planta y el desarrollo que alcanza la parte aérea (Domínguez, 2000).

Para las variables altura como el diámetro no hay diferencia significativa entre el efecto de los fertilizantes solubles y el agrokelp®. Solo Existen estudios documentados acerca del efecto de la fertilización con extracto de algas marinas en especies forestales, estudios recientes indican que este tipo de fertilizante es ocupado para mejorar el rendimiento y para mejorar la calidad de diferentes productos agrícolas, como el jitomate, la papa, el pimiento morrón y el cilantro y esto ha dado buenos resultados, es decir que han podido incrementar el rendimiento de estos productos y asimismo mejorar su calidad (Ramírez, 2001; Martínez *et al.*, 1995).

La investigación sobre el uso de extractos de algas marinas como fertilizantes orgánicos sugiere que las citoquininas son un componente importante activo de

su extracto y que aumentan la resistencia al frío, la absorción de nutrientes y aumentan la resistencia a enfermedades y plagas; esto permite aumentar el rendimiento y mejorar la germinación de la semilla (Abetz, 1980).

En el caso de *P. halepensis* la altura y el diámetro de las plantas fertilizadas con solubles presentaron buenos resultados, aunque no presentaron buenos porcentajes de supervivencia, esto puede deberse a las condiciones ambientales (Domínguez *et al.*, 1997).

Las plantas sin fertilizar presentaron una supervivencia y un crecimiento significativamente menor que las poco y altamente fertilizadas con hidrosolubles (Villar *et al.*, 2001; Ocaña *et al.*, 1997). La variable que tuvo mejor respuesta fue el diámetro y no la supervivencia Domínguez encontró que la especie *Quercus ilex* tiene relaciones muy significativas entre la profundidad del contenedor y la supervivencia de la planta en campo, es decir que los contenedores grandes obtuvo mayor supervivencia. La importancia del volumen del contenedor es indiscutible (Domínguez *et al.*, 2000).

#### **6.4. CONCLUSIONES**

A 17 meses de la plantación, las plantas producidas en envase grande presentaron mejor desempeño en campo, obteniéndose un mayor porcentaje de supervivencia.

Las plantas de *Tectona grandis* Linn. F. fertilizadas con Agrokelp® presentaron mayor incremento en altura y diámetro en campo que las fertilizadas con solubles a los 17 meses de plantadas.

Las plantas producidas en envase chico y con fertilizante soluble presentaron el menor porcentaje de supervivencia.

## CAPÍTULO 7

### LITERATURA CITADA

Abetz, P. 1980. Seaweed extracts: have they a place in Australian agriculture or horticulture?. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 46(1):23-29.

Álvarez M., V. 2000. Los Extractos de Algas Marinas en el Rendimiento y Calidad del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 81 p.

Ball, J. B. 1976. Recipientes de plástico y enrollamiento de raíces. *Unasyva* 28(111):27.

Briscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote: Descripción de las especies, su propagación y establecimiento- Teca- Melina- Pochote- Manejo y aprovechamiento. CATIE, Costa Rica. 44 p.

Canales, L. B. 2001. Uso de Derivados de Algas Marinas en la producción de Tomate, Papa, Chile y Tomatillo. Resultados de Investigación. Palau Bioquim, S.A. de C.V. 24 p.

Cañellas I, L. Finat, A. Bachiller y G. Montero.1999. Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: ensayos de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 8(2):345-355.

Dickson, A., A., Leaf, L. y Hosner, J. F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, 36(1):10-13.

Domínguez, L. S. 1997. La importancia del envase en la producción de plantas forestales. *Quercus* 134:34-37.



Domínguez, L. S. 2000. Influencia de distintos tipos de contenedores en el desarrollo en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. In: *Reunión de Coordinación I+D. Fundación CEAM*. 10 p.

Domínguez L. S., I. Carrasco M., N. Herrero S., L. Ocaña B., J. Nicolás P., y J. Peñuelas. 2000. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantas de *Pinus pinea* en campo. In: *Actas del 1er Simposio sobre el pino piñonero*. Valladolid 1: 203-209.

Domínguez L. S., N. Herrero S., I. Carrasco M., L. Ocaña B., y J. Peñuelas R. 1997. Ensayo de diferentes tipos de contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: resultados de vivero. In *Actas del II Congreso Forestal Español*. Pamplona 3: 189-194.

Domínguez V., A. 1989. Tratado de Fertilización. Segunda Edición. Mundiprensa. Madrid, España. 601 p.

Donoso C., M. Hernández y C. Navarro. 1993. Valores de producción de semillas y hojarasca de diferentes especies del tipo forestal siempreverde de la Cordillera de la Costa de Valdivia obtenidos durante un periodo de 10 años. *Bosque* 14 (2): 65-84.

Drechsel, P. and W. Zech. 1994. DRIS evaluation of teak (*Tectona grandis* L. F.) mineral nutrition and effects of nutrition and site quality on the teak growth in West Africa. *Forest Ecology and Management* 70:121-133.

Duryea, M. L. 1984. Nursery cultural practice: Impacts on seedling quality. Evaluating seedling quality: principles procedures and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis, Oregon. 141 p.

Encinas, O. y W. Contreras. 1998. El uso de la teca (*Tectona grandis* L.F.) preservada con sales CCA en las tecnologías constructivas alternativas del pueblo venezolano. *Rev. Forest. Venez.* 42(2):113-118.

Ferreira E., R., G. Sellés V., R. Ahumada B., P. Maldonado B., P. Gil M., y C. Barrera M. 2005. Manejo del riego localizado y fertirrigación. Boletín INIA N° 126. 54 p.

Fonseca, W. 2000. La aplicación de fertilizantes químicos en (*Tectona grandis* Linn. f.) en Guanacaste, Costa Rica. *In*: Consejo Nacional de Rectores, Oficina de Planificación de la Educación Superior. Taller de Nutrición Forestal. San José, Costa Rica. pp: 39-44.

Galiussi, E. 2006. Los tipos de producciones en un vivero forestal. Boletín de Divulgación Técnica Número 8. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP. 6 p.

García R., E, A. Sotomayor, S. Silva P y G. Valdebenito R. 1999. Establecimiento de plantaciones forestales. INFOR. Chile. 32 p.

Grosse, H. y M. Bourke.1988. Desarrollo de raulí en vivero bajo distintos niveles de luminosidad y espaciamento. Ciencia e Investigación Forestal 2(3):2-11.

Gopikumar, K. y V. Varghese. 2004. Sand culture studies of teak (*Tectona grandis*) in relation to nutritional deficiency symptoms, growth and vigour. Journal of Tropical Forest Science 16(1):46-61.

Halter, M.R. y C. P. Chanway. 1993. Growth and root morphology of planted and naturally regenerated Douglas fir and lodgepole pine. Annales des Sciences Forestier 50 (1):71-77.

Husen, A. y M. Pal. 2003. Effect of nitrogen, phosphorous and potassium fertilizers on growth of stock plants of *Tectona grandis* (Linn. f.) and rooting behaviour of shoot cuttings. Silvae Genetica 52 (5-6):249-254.

Husen A. y M. Pal. 2007. Metabolic changes during adventitious root primordium development in *Tectona grandis* Linn. f. (teak) cuttings as affected by age of donor plants and auxin (IBA and NAA) treatment. *New Forests* 33(3):309-323.

Krause F., R. 2005. Efecto de la dosis de fertilizantes solubles a base de N, P, K sobre el crecimiento en vivero de plantas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, producidas en contenedor tipo speedling. Tesis de licenciatura. Universidad Católica de Temuco. Chile. 61 p.

Ladrach, W. E. 1992. Técnicas para el establecimiento de plantaciones forestales en la América Tropical. *Tree Planters' Notes* 43(4):133-141.

Landis, T. D. 1990. Contenedores: Manual de Viveros para la producción de Especies Forestales en Contenedor; contenedores y medios de crecimiento. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Dasonomía Estatal y Privada, Portland, Oregon, E.U.A. 40 p.

Lavander, D. P. 1984. Plant physiology and nursery environment: interactions affecting seedling growth. *In*: Duryea, M. L. y T. D. Landis. *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings*. The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, Oregon State University. Corvallis. pp: 133-141.

Marcelli, A. R. y B. Piotto. 1993. Recientes estudios sobre la cría de eucaliptos en Italia. Congreso Forestal Español, Lourizán. pp:277-282.

Martínez, L. y S. Javier. 1995. Efecto de un Extracto de Algas y Varios Fitoreguladores sobre el Cultivo de Papa (*Solanum Tuberosum* L. var. gigant). Tesis Doctoral. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 104 p.

Mercedes J. y M. Hernández. 1996. Producción de acacia, eucalipto y teca. Fundación de Desarrollo Agropecuario INC. Serie Recursos Naturales. Guía Técnica No. 1. 45 p.

Muñoz del Valle, P.R. 2004. Análisis biológico-económico de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill, de 5 años, sometido a distintas dosis de fertilización de establecimiento, en el sector costero de la VIII región. Tesis de Licenciatura. Universidad Católica de Temuco. Chile. 83 p.

Núñez de A., E. y C. Colón P. 1993. Proceso de producción de planta forestal en masa. *In: Actas del Congreso Forestal Español. Ponencias y comunicaciones. Tomo II. Lourizan-Pontevedra. pp.251-256.*

Oliet, J., R. Planelles., M. Lopez, y F. Artero. 1997. Efecto de la fertilización en vivero sobre la supervivencia en plantación de *Pinus halepensis*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 4:69-79.

Ocaña, B., M. I. Santos., I. A. Gómez., I. Renilla. y B. Cuenca. 2001. Comparación de siete modelos de contenedores y raíz desnuda en repoblaciones de *Pinus pinaster* en Galicia. *In: Actas del III Congreso Forestal Español. pp. 736-741.*

Ocaña, B. L., S. Domínguez L., I. Carrasco M., J. L. Peñuelas R y N. Herrero S. 1997. Influencia del tamaño de la semilla y diferentes dosis de fertilización sobre el crecimiento y supervivencia en campo de cuatro especies forestales. *In: Actas del II Congreso Forestal Español. pp. 461-466.*

Pastor, S. N. 1999. Utilización de sustratos en vivero. *Terra Latinoamericana* 17(3):231-235.

Pandey, D. y C. Brown. 2000. La teca: una visión global. *Unasyuva* 51(2):3-13.

Peñuelas, R. J. y L. Ocaña B. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedores, principios y fundamentos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Centro de Publicaciones. Madrid, España.192 p.

Peñuelas R, J., y L. Ocaña B. 1993. Los contenedores en la producción de planta forestal. *In*: actas del Congreso Forestal Español. Lourizan-Pontevedra. Ponencias y comunicaciones. Tomo II. pp. 271-276.

Prasad, R., A.K. Sah, and A.S. Bhandari. 1986. Fertilizer trial in ten and twenty years old teak plantations in Nadhya Pradesh. *Journal of Tropical Forestry* 2(1):47-52.

Ramírez G.V.M. 2001. Extracto de Algas Marinas en la Producción de Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.) c.v. Cuadrado Amarillo, en Invernadero. Tesis de Licenciatura: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 80 p.

Riedacker, A. 1986. Producción de plantas en contenedores y siembra a raíz desnuda. *Revista Forestal Francesa* 38(3):226-236.

Rivera, M., J.E. López y M.A. Triana. 2005. Efecto del sombreado en vivero en el crecimiento y mortalidad de plántulas de regeneración natural de Palosangre (*Brosimum rubescens* Taub.) en el sur del trapecio amazónico. *Revista Colombiana Forestal* 9(18):60-69.

Rodríguez B., J.A. 1989. Importancia de la micorrización artificial de diversas especies forestales españolas. *Bol. San. Veg. Plagas* 15:33-41.

Santelices, R., L. Herrera., y J. Osoreo. 1995. Cultivo en vivero del hualo (*Nothofagus glauca* (phil.) krasser) bajo diferentes gradientes de luminosidad y espaciamento. Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Ingeniería de Ejecución Forestal. Chile. Casilla 617. 11 p.

Santelices, R., R. Navarro C., S. Drake y C. Mena. 2011. Efecto de la cobertura y de la fertilización en el desarrollo de plantas de *Nothofagus alessandrii* cultivadas en contenedor. *Bosque* 32(1):85-88.

Simpson, D.G. 1990. Frost hardiness, root growth capacity, and field performance in interior spruce, lodgepole pine, Douglas-fir, and western hemlock seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 20:566-572.

Seth, S.K. and O.N. Kaul. 1978. Tropical forest ecosystems of India: the teak forests (as a case study of silviculture and management). *In: Tropical forest ecosystems: a state-of-knowledge report*. París. pp: 628-640.

Soquimich. 2001. *Ultrasol Rentabilizando su Inversión*. Soquimich Comercial. Chile. 54 p.

Spurr, S. y B. Barnes. 1980. *Forest Ecology*. Third Edition. Wiley and Sons. 687 p.

Sundralingam, P. 1982. Some preliminary studies on the fertilizer requirements of teak. *The Malaysian Forester* 45(3):361-366.

Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking. Ed. Durvea. Oregon State University, Corvallis. pp: 59-70.

Tinus, R.W. y P.W. Owston. 1984. Physiology research made forestation with container-grown seedlings successful. *In: Seedling Physiology and Reforestation Success*. Martinus Nijhoff. Boston. pp: 143-156.

Torrente S., I. y J. Pemán G. 2004. Influencia de los contenedores abiertos lateralmente en la morfología aérea y radicular en plántulas de *Pinus pinea* y *Quercus coccifera*. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17:239-243.

Van Den Driessche, R. 1992. Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen, and potassium treatments. *Canadian Journal of Forest Research* 22(5):740-749.

Vásconez, M.L. 2002. Estudio técnico y económico para el establecimiento de una plantación de teca (*Tectona grandis* L.f.) en El Empalme, Guayas,

Ecuador. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano Honduras. 46 p.

Vázquez Y., C., A. Orozco, M. Rojas, M. Sánchez y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas: Semillas y Meristemas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 167 p.

Villar S., P. R. Planelles, E. Enríquez, J. Peñuelas R. y J. Zazo M. 2001. Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. *In: Actas del III Congreso Forestal Español*. 2001. Granada. Mesa 3:770-776.

Weaver, P. L. 1993. *Tectona grandis* L.f. Teak. New Orleans, L.A. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 18 p.

Zodape S., T, A. Gupta., S.C. Bhandari, U.S. Rawat, D.R. Chaudhary, K. Eswaran y J. Chikara. 2011. Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Scientific and Industrial Research* 70:215-219.