UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

"Propagación de *Tilia americana* var. *mexicana* y *Dalbergia congestiflora*"

Tesis

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

Maestro en Ciencias y Tecnología de la Madera

PRESENTA:

Biol. Jorge Ignacio Casillas Sánchez

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. J. Enrique Ambríz Parra

Morelia, Michoacán, Agosto del 2015

U.M.S.N.H
TECNOLOGÍA DE LA MADERA
INGENIERIA

ÍNDICE

Página

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE CUADROS

RESUMEN

ABSTRACT

I. Introducción……...…… 1

II. Antecedentes……..... 4

III. Capítulo 1. …….. 10

III.1. Propagación de *Tilia americana* var. *mexicana* por semilla y por estaca…… 10

1. Introducción……...……..... 10

2. Antecedentes……...…… 11

3. Justificación…… 18

4. Hipótesis……. 18

5. Objetivos……. 19

5.1. Objetivo general…… 19

5.2. Objetivos específicos…… 19

6. Materiales y métodos…… 20

7. Análisis estadístico……. 24

8. Resultados…… 25

9. Discusión……... 35

10.- Bibliografía……... 41

IV. Capítulo 2..... 49

IV.1. Propagación de *Dalbergia congestiflora* por semilla……. 49

1. Introducción…… 49

2. Antecedentes…… 50

3. Justificación.…… 55

4. Hipótesis……..... 55

5. Objetivos…… 56

Página

5.1. Objetivo general…….. 56

5.2. Objetivos específicos…….. 56

6. Materiales y métodos……..…….. 57

7. Análisis estadístico……. 60

8. Resultados…….……. 60

9. Discusión……. 69

10. Bibliografía…….. 79

V. Literatura general……..... 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Capitulo 1

Figura 1. *Tilia americana* var. mexicana (Schltdl) Hardin, presentando el árbol (a), sus hojas, brácteas (c) y su fruto (drupa) y semillas (b)…… 14

Figura 2. Distribución de *Tilia americana* var. *mexicana* a nivel nacional…….. 15

Figura 3. Ubicación del área de estudio de *T. americana* var. *mexicana*……..... 20

Figura 4. Escarificación y remojo de semillas llenas de *Tilia americana* var. *mexicana*..... 22

Figura 5. Colecta de ramas de *Tilia americana* var. *mexicana* en los filtros viejos en Morelia, Mich.……..……... 23

Figura 6. Brácteas floral de *T. americana* colectadas de un mismo individuo de dos localidades (a) seca o café y (b) verde …….. 26

Figura 7. Frutos colectados en árboles de *Tilia americana* var. *mexicana* de dos localidades marrones (a) y (b) verdes…….. 26

Figura 8. Semillas de *T. americana* var. *mexicana* a) blancas o vanas y b) café oscuro o llenas colectadas de dos localidades…… 28

Figura 9. Semilla germinada de *Tilia americana* var. *mexicana*……. 29

Figura 10. Estacas de *Tilia americana* var. *mexicana* colectadas en dos localidades: 1- Filtros Viejos a) estacas olivo-gris, b) café-rojizo. 2- Pátzcuaro c) olivo y d) café oscuro…….. 30

Figura 11. Presencia de yemas y brotes en estacas de *Tilia americana* var. *mexicana* colectadas en dos localidades: Filtros Viejos a) brote, b) yema, Pátzcuaro c) brotes y d) yema…….…….. 31

Figura 12 Diagrama de la cámara de enraizamiento…… 33

Figura 13. Cámara de enraizamiento rustica……. 34

Figura 14. Brotes de estacas de *T. americana* a) 15 días en vivero, b) 30 días en cámara de enraizamiento, c) y d) 30 días en vivero, e) 45 días en cámara y f) control..... 34

Página

Capítulo 2

Figura 1. Árboles de *Dalbergia congestiflora,* su fruto y semillas……. 51

Figura 2. Distribución de *Dalbergia congestiflora* a nivel nacional……. 53

Figura 3. Ubicación del área de estudio de *Dalbergia congestiflora*……. 57

Figura 4. Germinación de semillas de *Dalbergia congestiflora*……. 58

Figura 5. Semillas germinadas de *Dalbergia congestiflora* dentro de los tubetes forestales…… 59

Figura 6. Color de las sámaras de *Dalbergia congestiflora* a) grupo 1 y b) grupo 2…….. 60

Figura 7. Color y tamaño de semillas de *Dalbergia congestiflora* del grupo 1 y del grupo 2…… 61

Figura 8. Semillas germinadas de *Dalbergia congestiflora*…… 63

Figura 9. Plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas en vermiculita + turba…… 64

Figura 10. Altura promedio en plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento……. 65

Figura 11. Cobertura promedio de plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento……. 66

ÍNDICE DE CUADROS

Capítulo 1 **Página**

Cuadro 1. Clasificación de *T. americana* var. *mexicana* (Schtdl) Hardin…… 13

Cuadro 2. Total de brácteas florales de *Tilia americana* var. *mexicana* colectadas de un mismo individuo……. 25

Cuadro 3. Clasificación por tamaños de frutos de *Tilia americana* var. *mexicana*. 27

Cuadro 4. Clasificación por color de semillas de *T. americana* var. *mexicana*…… 28

Cuadro 5. Clasificación de semillas y porcentaje de germinación de *T. americana* 28

Cuadro 6. Porcentajes de brotación y sobrevivencia de estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*…… 33

Capítulo 2

Cuadro 1. Clasificación de *Dalbergia congestiflora* Pittier……. 50

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de *Dalbergia congestiflora,* después de cinco días, bajo diferentes tratamientos pre germinativos……. 62

Cuadro 3. Análisis estadístico de germinación de *D. congestiflora* con un diseño factorial 2x2…….. 63

Cuadro 4. Crecimiento en altura relativo (cm/día) de plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento…… 67

Cuadro 5. Eficiencia en el uso relativo del agua (cm/ml) de plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento…… 68

RESUMEN

Dentro del presente estudio se realizó la propagación por semilla y por estaca para *Tilia americana* var. *mexicana* (tilo), así como la propagación por semilla de *Dalbergia congestiflora*. Para el caso del tilo el material biológico consistió en ramas obtenidas de diferentes individuos de las cuales se obtuvieron brácteas, frutos y ramas, de las cuales se obtuvieron las estacas. Las estacas fueron obtenidas en cinco colectas durante el periodo de septiembre del 2013 a Agosto del 2014, mientras que los frutos se obtuvieron solo de la primera colecta. Las evaluaciones fueron las características macroscópicas de la bráctea, del fruto y de la semilla para *T. americana* y para las estacas se evaluó el porcentaje de brotación a los 15 días 30 días y 120 días. Para la germinación de las semillas de tilo se utilizó una escarificación acida como tratamiento pre-germinativo. En el caso de las estacas de *T. americana* se utilizaron enraizadores y se colocaron en vivero y en cámara de subirrigación, con un régimen de riego de 60 ml por semana con agua potable. Dentro de los resultados en *T. americana* se observó una variación en color y tamaño en un mismo árbol al momento de la colecta para las características macroscópicas en bráctea, fruto y semilla. Los frutos de color beige y de mayor tamaño presentaron semillas llenas y de color café o marrón oscuro, mientras que los frutos de color verde, de menor tamaño presentaron semillas inmaduras o frutos vacíos. Para la germinación en *T. americana*, se utilizaron las semillas de color café oscuro y los resultados muestran un 10 % de germinación en semillas de tilo después de 105 días. En cuanto al porcentaje de brotación y supervivencia en estacas de tilo éste fue mayor dentro del tratamiento control y la época de colecta fue el factor determinante en el enraizado de estacas de tilo. En el caso del campincerán las semillas se colectaron en junio del 2014 en el municipio de Carácuaro, Michocán y fueron sometidas a cuatro tratamientos pre-germinativos. A las plantas de *D. congestiflora* se les aplicaron tres niveles de riego (15,35 y 55 ml) durante un periodo de 210 días. Las variables evaluadas fueron: en semillas se consideró el color y tamaño tanto del fruto como de la semilla y para las plantas se evaluó la altura, cobertura, crecimiento en altura relativo y eficiencia en el uso relativo del agua. Los datos para las plantas se tomaron datos cada 15 días durante 210 días. Para los frutos o sámaras de *Dalbergia* se observaron dos coloraciones, una café o beige pálido, mientras que en otras un café más oscuro. Las

semillas obtenidas de las sámaras de color beige pálido fueron de mayor tamaño en relación a las de una coloración más oscura. Los resultados del diseño factorial mostraron diferencia significativa solo del factor grupo y no para el tratamiento pre-germinativo. La germinación fue de 80 % en las semillas de color beige pálido y para el grupo de semillas más oscuras los porcentajes fueron del 10 al 40 %. Para la altura de las plantas de *D. congestiflora* en base a los niveles de riego se obtuvo mayor crecimiento con la adición de 35 ml, mientras que para la eficiencia en el uso relativo del agua los mayores valores se presentan en el nivel de 15 ml.

Palabras Claves: *Tilia*, *Dalbergia*, Conservación, Propagación, Germinación

ABSTRACT

In the present study the propagation by cuttings and seeds to *Tilia americana* var. *mexicana* was performed. The propagation of *Dalbergia congestiflora* was made by seeds. The biological material of tilo consisted of branches of different individuals. The bracts, fruits and cuttings were obtained from those branches. The cuttings were obtained in five collections for the period September 2013 to August 2014, while the fruits were obtained only from the first collection. The evaluations were the macroscopic characteristics of the bract, fruit and seed to *T. americana* var. *mexicana* and the sprouting percentage at 15 days to 30 days and 120 days was evaluated. An acid scarification as pre-germination treatment was used for germination of seeds. The cuttings were placed in nursery and subirrigation camara to rooting, applying 60 ml of tap water. The results showed variation in color and size of bracts, fruits and seeds in the same tree at the time of collection. The fruits of beige and larger had filled seeds and brown or dark brown, while the fruits of green color, smaller size presented immature seeds. The seed seeds dark brown were used and the results show a 10% germination in seeds of tilo after 105 days. The sprouting percentage was higher in the control treatment and collection time was the determining factor in the rooted cuttings of tilo. In the case of campincerán seeds they were collected in June 2014 in the municipality of Carácuaro, Michocán and were subjected to four pre-germinative treatments. The seedlings were watered three levels of irrigation (15.35 and 55 ml) during 210 days. The variables evaluated were: in the seeds were considered the color and size of fruits and seeds and the plant height, coverage, relative growth and relative water use efficiency were evaluated to seedlings. Data for seedlings data were taken every 15 days for 210 days. The fruits of Dalbergia presented a brown and darker brown color. The seeds obtained from brown fruits were larger in relation to those of a darker brown color. The results showed significant difference only factor to group and not to pre-germination treatment. Germination was 80% in the seeds of brown and the seeds of darker brown color presented between 10 to 40% of germination percentage. The seedlings of *D. congestiflora* were higher with of 35 ml, while for the relative water use efficiency was higher at the level of 15 ml.

DEDICATORIA

En primer lugar agradezco a **dios** por haberme permitido concluir con este paso más en mi carrera profesional…….

De igual manera a mis padres pues siempre me han alentado para seguir avanzando sea como sea y han podido estar en cada etapa que voy superando…….

A mi esposa **M.C. Patricia Herrera Hernández** por ser parte fundamental en mi preparación como profesionista y como persona, pues gracias a su ayuda y comprensión he podido superar los obstáculos que he encontrado en mi camino y sin su esfuerzo y animo no sería posible la conclusión del presente trabajo **"Gracias mi pato"…….**

A mis tres pequeños **Erick, Cristian y Gabriel** pues el hecho de tenerlos y observarlos crecer es lo que me motiva a salir adelante día a día y en algún momento sabrán que todo el esfuerzo que realizo es siempre para su bienestar futuro……..

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría agradecer a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular a la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera por permitirme realizar mis estudios de posgrado dentro de dicha institución…….

Al Dr. J**. Enrique Ambríz Parra** por todo su apoyo y gran comprensión, así como su paciencia para la culminación de este proyecto, por todas las horas y los consejos que me permitieron realizar de manera adecuada dicha investigación…….**Muchas Gracias**…

A mis sinodales, los Doctores. **Crisanto Becerra Velázquez, José Cruz de León, Rafael Salgado Garciglia y Juan Anselmo Villegas**, por su valioso tiempo en la revisión de mi tesis y por las sugerencias aportadas, así como sus comentarios……..

A la **M.C. Alejandra Hernández García** por sus consejos y recomendaciones para llevar acabo los experimentos y cuidados de mis especies, así como la información adecuada para complementar mi tesis……

Al **M.C. Jesús Hernández Morales** por su gran apoyo durante las colectas realizadas, asi como su ayuda dentro del vivero del edificio O, ya que sin sus consejos y ayuda no tendría el conocimiento suficiente para la conservación de mis especies… **gracias Chuy**…

A mis compañeros con los cuales compartí grandes momentos amenos dentro del edificio de posgrado de la Facultad de Ingeniería en tecnología de la Madera, a **Ulises, German y Lucero** gracias por esos pequeños ratos que compartimos y que hicieron cortas las horas de estudio……

A los amigos que conocí durante mis estudios de posgrado **Chilango, Lalo, Garibay, Guilbert, Chetumal, Adriel y Olga** por hacer que el tiempo en la escuela fuera menos pesado y más ameno…….

Un agradecimiento muy especial a la señora **Estelita** por todo su apoyo para la realización de los diversos trámites, pues sin su ayuda no se hubieran concretado con mayor facilidad, así como a sus consejos y platicas tan amenas…. **Muchas Gracias**

Así mismo a los compañeros que laboran dentro de las diferentes áreas pertenecientes a Tecnología de la Madera, tal es el caso de la Biblioteca, al compañero **José Juan** por el apoyo con la literatura y a la señora **Tere** por brindarme su amistad y consejos durante mi estancia en dicha institución……..

A los compañeros pertenecientes al laboratorio de "Interacción suelo-organismo" del edificio A1´, **a Lore**, **Santos** y al **Dr. Villegas**, gracias por su tiempo y atención……..

A todas las personas que no mencione pero que fueron parte importante dentro de mi estancia en el desarrollo de mis estudios de posgrado…**. Gracias……**

I. Introducción general

A nivel mundial, México ocupa el tercer lugar en diversidad biológica (Toledo, 1994); sin embargo, las actividades económicas han desembocado en una acelerada destrucción de sus recursos naturales debido, principalmente, a cambios del uso del suelo (agrícola y pecuario), crecimiento rápido de las zonas urbanas, plagas, enfermedades y de manera importante a los incendios forestales, cuya causa principal siguen siendo el descuido y la negligencia derivados del uso irresponsable del fuego en las actividades agrícolas y pecuarias. Por lo anterior es importante hacer conciencia sobre el valor de especies forestales, así como del uso y búsqueda de técnicas para su propagación (Rzedowski, 1992).

Por ello, cabe mencionar que al igual que otras especies maderables sobreexplotadas, es necesario contar con sistemas de conservación y propagación para hacer su uso sustentable, según la especie, pueden realizarse plantaciones comerciales o bien métodos de propagación para llevar a cabo la reintroducción a su hábitat natural (Sutton, 1999; Cuevas, 2005).

Es importante mencionar que las plantas se conocen desde tiempos antiguos y a lo largo de su historia han desarrollado diversos mecanismos de adaptación y de reproducción, lo cual les ha valido para la colonización de casi todos los ecosistemas en el mundo (Moreno-Sanz, 2003). Un proceso clave en la colonización del ambiente terrestre ha sido la creación de un mecanismo de adaptación que les permite controlar a las plantas la pérdida de agua mientras se continúa fijando carbono en la fotosíntesis. Dicho proceso ha sido de gran importancia debido a que la disponibilidad de agua es probablemente un factor clave que determina la distribución de las plantas y su supervivencia en los ecosistemas naturales (Jones, 2004). Dentro de los mecanismos más comunes de reproducción, se encuentra la reproducción sexual, mediante semillas obtenidas del fruto y la reproducción asexual o vegetativa, los cuales han sido utilizadas para la propagación a gran escala (Jiménez-Sierra, 2010). El fruto se define como el ovario maduro, que contiene una o más semillas y que puede incluir partes florales accesorias (Sánchez-Garfías, 1991).

Por otro lado, la semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Las semillas permiten que una planta colonice una zona extensa y pueden permanecer aletargadas hasta que las condiciones sean favorables, lo que incrementa enormemente sus posibilidades de supervivencia (Doria, 2010), Sin embargo no todas las semillas se comportan de igual manera, pues existen aquellas que pueden no presentar un estado de aletargamiento y por lo tanto existen problemas para su reproducción. Por otra parte la propagación vegetativa ha venido usándose con el objetivo de multiplicar y conservar las variedades, así como la uniformidad de las existencias de plantas valiosas. Dicha técnica consiste en colocar una parte de la planta ya sea tallo, hojas o raíz con el fin de producir un nuevo individuo o regenerar las partes faltantes del mismo (Vastey, 1962), Esto es posible ya que cada célula contiene la información genética necesaria para generar una planta entera (Hartmann y Kester, 1999). En el caso específico de la propagación vegetativa por estacas, la estaca se define como una porción separada de la planta, provista de yemas y hojas, e inducida a formar raíces y brotes a través de manipulaciones químicas, mecánicas y/o ambientales (Baldini, 1992), Aunque es importante mencionar que en algunas especies no se requiere de dicha manipulación en las estacas para obtener resultados satisfactorios de enraizamiento. El éxito del proceso consiste en generar técnicas que provean estacas en forma sostenible, ya que el enraizamiento está asociado a factores externos como las condiciones ambientales e internos de la especie (Ruíz-García *et al.*, 2005).

En base a lo anterior es importante mencionar que dentro de los factores que intervienen en la propagación de las especies, algunos de éstos pueden ser observados desde la colecta de los frutos y extracción de las semillas, así como en su almacenamiento, además de ciertas características que pueden presentar tanto los frutos como las estacas al momento de su colecta (color de fruto y semilla, color de corteza, presencia de brotes en estacas); otros factores que afectan son los ambientales como la temperatura, la luz, el sustrato así como sustancias de reserva dentro de las plantas. Todo lo anterior debe ser considerado para llevar a cabo la propagación tanto sexual como asexual, ya que se puede obtener

información importante acerca de los parámetros adecuados para determinada especie y en base a la presencia de características macroscópicas, se podría lograr establecer una método eficiente para propagar especies a gran escala (Doria, 2010).

Los métodos más usados en propagación vegetativa para especies forestales son por acodo aéreo y estacas, siendo este último con el que se han obtenido buenos resultados para especies tanto de coníferas como para latifoliadas (*Fraxinus excelsior*, *Pinus martinezii* y *Tectona grandis*), especies con las cuales se ha trabajado con el propósito de recuperar las poblaciones debido a que algunas de dichas especies se encuentran en peligro de extinción, tal es el caso de *Tilia* y *Dalbergia*, por lo cual con el uso de técnicas como la propagación por estaca y por semilla se puede establecer un camino hacia la regeneración de las especies amenazadas en su hábitat natural.

Tomando en cuenta lo antes mencionado, es prioritario establecer un método eficiente para la propagación del tilo (*Tilia americana* var. *mexicana*) y el campincerán (*Dalbergia congestiflora*), especies en riesgo de extinción (NOM-Ecol-059) que habitan en algunas regiones del estado de Michoacán y que debido a sus usos, presentan una gran importancia tanto ecológica como económica, además de intentar definir el problema sobre la difícil situación que presentan en su regeneración natural.

II. ANTECEDENTES GENERALES

a) Propagación por semillas

La formación, dispersión y germinación de las semillas, son eventos fundamentales en el ciclo de vida de las plantas tanto angiospermas como gimnospermas, como se ha mencionado las semillas tienen la función de perpetuar a las especies (Bradford y Nonogaky, 2007). Para que la semilla cumpla con su objetivo, es necesario que el embrión se transforme en una plántula mediante mecanismos metabólicos y morfogenéticos, conocidos como el proceso de germinación. Dicho proceso está constituido por varias fases: absorción del agua por la semilla o imbibición, activación del metabolismo y proceso de respiración, síntesis de proteínas y movilización de sustancias de reserva, así como elongación y ruptura de la testa a través de la cual se observa la salida de la radícula (Suarez y Melgarejo, 2010).

El proceso de germinación está influenciado por factores tanto internos como externos, dentro de los factores internos está la viabilidad del embrión, la cantidad, calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de latencia. Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz. El estudio de la biología y fisiología de las semillas es de gran importancia para el hombre, ya que la mayoría de las especies son propagadas a partir de semillas sexuales (Russo *et al.*, 2010).

Las semillas de la mayoría de las plantas no germinan aun cuando las condiciones sean las adecuadas para que ocurra este proceso, en la madurez entran en un estado de latencia de duración variada según la especie, latencia que puede durar desde unas horas hasta unos meses o varios años. Para vencer el letargo de las semillas se acude a procedimientos tales como inmersión en sustancias químicas, tales como el ácido sulfúrico o ácido clorhídrico, remoción mecánica del pericarpio, inmersión en agua o estratificación en frío. A este tipo

de procedimientos se les conoce como tratamientos pre-germinativos, los cuales pueden variar según la especie y el tipo de latencia (Varela y Arana, 2011).

Los tratamientos pre-germinativos más comunes son la estratificación, que se utiliza para romper la latencia fisiológica y consiste en colocar las semillas en estratos que conservan la humedad, comúnmente arena, turba o vermiculita, ya sea en frío o calor (Patiño *et al.*, 1983; Donoso, 1993). La escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases, dicha escarificación se divide en dos tipos, mecánica y química (Tomado de Arriaga *et al.,* 1994). La lixiviación es otro proceso mediante el cual las semillas son remojadas en agua corriente con la finalidad de remover los inhibidores químicos presentes en la cubierta de las semillas, los tiempos de remojo varían dependiendo del tipo de semilla y en algunos casos se debe cambiar el agua con cierta frecuencia (Hartman y Kester, 1988; FAO, 1991).

Una vez obtenida la germinación, lo que prosigue es el desarrollo de la planta, en primer lugar a nivel de vivero, posteriormente y con ciertas características podrá ser trasplantada a su hábitat natural o zona específica para su sobrevivencia (Rodríguez, 2008). Para desarrollar plantas con características fisiológicas y morfológicas adecuadas dentro del vivero, es necesario desarrollar técnicas culturales, las cuales van desde el tipo de sustrato, el contenedor a utilizar, el régimen de nutrientes, así como el manejo adecuado en el riego (Leyva, 2008).

Hablando acerca del manejo adecuado del agua en las plantas o uso eficiente de la misma, puede definirse de forma genérica como el volumen de agua que las plantas necesitan consumir para incorporar a su biomasa una determinada cantidad de carbono proveniente de la atmósfera (en forma de CO_2). De esta manera, la eficiencia en el uso del agua dependerá principalmente de dos factores: en primer lugar de aquellas características propias de la especie, que tenga relación con procesos de la asimilación del carbono y de la evapotranspiración del agua; y en segundo lugar, de las características en las que se desarrolla la planta. Dicha eficiencia también dependerá de la escala a la que se considere, es decir, a nivel de cultivo, a nivel de planta entera o a nivel de hoja (Medrano *et al.*, 2007).

b). Propagación por estacas

En general los procedimientos de propagación vegetativa ofrecen dos ventajas substanciales con respecto a la propagación por semillas: la primera, es la obtención de plantas que no tienen que superar un largo periodo juvenil y que pueden, por tanto, comenzar a fructificar precozmente; y la segunda, es el originar descendencias homogéneas desde el punto de vista genético e idénticas a la planta de la que se ha tomado el material de propagación, Por el contrario y como desventaja, a estas descendencias se les transmite las eventuales enfermedades virales de las cuales las plantas madres pueden estar afectadas (Baldini, 1992).

Se puede mencionar que los factores que tienen mayor influencia para lograr un adecuado enraizamiento en la propagación por estacas son: el manejo de la planta madre con el fin de obtener brotes juveniles, en buen estado nutricional, en la época y edad apropiada; la longitud y diámetro de las estacas, la presencia de hojas y yemas, tratamientos hormonales y las condiciones ambientales (iluminación, temperatura, humedad relativa, medio de enraíce) propicias que induzcan al enraizado. Además, la capacidad de la estaca ya enraizada, a prosperar después del trasplante para conseguir plantas de calidad (Díaz, 2010).

Considerando lo anterior, uno de los efectos que son importantes, es la intensidad lumínica, puesto que en la planta madre aumenta la producción del número de estacas, pero tiene tendencia a reducir ligeramente la capacidad de enraizamiento (Boutherin y Bron, 2004), esto afirma el hecho de que en plantas madres que han recibido luz de baja intensidad se obtienen estacas que enraízan mejor que aquellas tomadas de plantas madres desarrolladas con luz intensa (Hartmann y Kester, 1995). Asimismo, existe para cada especie una iluminación óptima aplicable a la planta madre que permite facilitar el enraizamiento posterior de la estaca (Boutherin y Bron, 2004).

Si se considera que para el enraizamiento de las estacas de la mayoría de las especies la temperatura también es muy importante, es de notar que algunos autores (Jiménez, 1999; García y Di Stefano 2000; Knoblauch, 2001) propongan como satisfactorio un intervalo de 21° a 27°C en temperaturas ambiente diurnas, con temperaturas nocturnas de 15°C. Además, a medida que la temperatura se incrementa, las estacas metabolizan más rápido y enraízan mejor (González, 1995). Asimismo, las temperaturas del sustrato deben fluctuar entre los 20 y 25ºC ya que influyen sobre la actividad biológica del suelo, entonces temperaturas inferiores a este rango interrumpen el desarrollo de las raíces y las altas temperaturas pueden limitar gravemente el crecimiento de la raíz y quemar la base de las estacas (Sánchez, 2002).

Algo más a tomar en cuenta es que la condición hídrica de las estacas es gobernada por el balance entre las pérdidas por evaporación a través de las hojas y la absorción de agua por las estacas (Díaz, 1991), por ello para conseguir éxito en el enraizado, es necesario disminuir la transpiración para limitar la desecación de la estaca (Boutherin y Bron, 2004). Esto se logra manteniendo a la humedad del ambiente alta, saturada (95 a 100%) y también constante (Cuculiza, 1956) para reducir al máximo las pérdidas de agua por evapotranspiración (Martín y Quillet, 1974).

Cabe mencionar que dentro de las variables a considerar, se mencionan los reguladores de crecimiento vegetal (fitorreguladores), que se definen como un compuesto orgánico sintetizado en una parte de la planta y que se transloca a otra parte donde, a muy bajas concentraciones, produce una respuesta fisiológica; además de regular el crecimiento, influye en la síntesis, destrucción o (posiblemente) modificando los sitios de acción de las hormonas (Hartmann y Kester, 1995). La estimulación para la formación de las raíces constituyó la primera aplicación práctica de los reguladores de crecimiento, siendo su principal objetivo incrementar el “prendimiento” de las estacas, los efectos favorables de su uso son la estimulación de la iniciación de las raíces, incrementar el porcentaje de estacas que forman raíces y acelerar el tiempo de enraizamiento; efecto que conducen a un ahorro de mano de obra y a la liberación más rápida del espacio en los viveros (Weaver, 1990).

Los cinco grupos principales de hormonas y reguladores de crecimiento son: las auxinas, citocininas, giberelinas, ácido absícico y etileno; no obstante, el primer grupo es el que más

se utiliza en la práctica de propagación por estacas (Rojas *et al*., 2004). Las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal y, en dosis muy pequeñas, regulan los procesos fisiológicos de las plantas. La función de éstas es la promoción del enraizamiento mediante la división y crecimiento celular, la atracción de nutrientes y de otras sustancias al sitio de aplicación, además de las relaciones hídricas y fotosintéticas de las estacas, entre otros aspectos. La mayoría de las especies forestales enraízan adecuadamente con ácido indol-3-butírico (AIB). Un método sencillo es la aplicación de la hormona por medio del remojo de la base de las estacas (de 2 a 3 cm) en soluciones acuosas, según las instrucciones de los preparados comerciales. Para las especies forestales tropicales se recomienda la inmersión de la base de las estacas en soluciones de AIB (Hartman y Kester, 1985).

Debido a que los requerimientos para la utilización de un medio de propagación vegetativa han cambiado con los nuevos conocimientos a través del tiempo y con ello ha aumentado la variedad de materiales empleados, se habla en general, que un medio de enraizamiento debe satisfacer, por una parte: ciertos criterios físicos, químicos y biológicos; y, por otra, aspectos de costos y manipulación (Richey, 1985; Peate, 1989), por ello el sustrato es una parte importante para el enraizamiento de las estacas.

El sustrato en el cual son colocadas las estacas influye en el proceso de enraizamiento (Gómez, 1987), éste realiza la función de sostener las estacas durante dicho periodo, proporcionando humedad, es fuente de abono, el lugar de almacenamiento de fertilizantes y sirve para la aireación en sus bases, además debe estar libre de patógenos que puedan afectar el éxito en la formación de raíces (Hartman y Kester, 1997). Como ejemplo, la corteza compostada, pura o en mezcla con otras sustancias como corteza fresca, aserrín, pumicita o suelo de cenizas volcánicas, constituye un sustrato de buenas características para el cultivo de plantas y para el mejoramiento de ciertos factores de la fertilidad del suelo, así como lo son también sustratos como la agrolita, comúnmente utilizado en hidroponía, la turba en complemento con otras mezclas como lo son la arena o grava (Gerding *et al.*, 1994).

Por lo anterior mencionado, para la propagación de especies forestales, en el presente trabajo se tiene como principal objetivo, analizar las condiciones óptimas, así como las

características macroscópicas desde los frutos y semillas, hasta las características de las estacas para establecer los sistemas óptimos de propagación de dos especies consideradas como en peligro de extinción en el estado de Michoacán, México: tilo (*Tilia americana* var. *mexicana*) y el campincerán (*Dalbergia congestiflora*).

III. CAPÍTULO 1

III.1 Propagación de *Tila americana* var. *mexicana* por semilla y por estaca.

1. Introducción

La especie *Tilia americana* var. *mexicana*, mejor conocida como “tilo” o “cirimo” en Michoacán, es uno de los árboles más apreciados por los artesanos, sobre todo por los fabricantes de guitarras, máscaras, figuras y utensilios tallados a mano, por lo que está reportada como fuente de madera para la elaboración de artesanías en el inventario de especies vegetales y animales de uso artesanal realizado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Bravo-Marentes y López-Gómez, 1999).

A partir de la década de los 80’s en el siglo pasado, ha sido difícil conseguir su madera, por lo que muchos de los artículos que se fabricaban exclusivamente de cirimo, se sustituyeron con los de pino, principalmente pino lacio (*P. devoniana* var. *cornuta*) (Guridi, 1980). Debido a la sobreexplotación de este árbol y a problemas de propagación, actualmente está catalogado como en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2010 (SEMARNAT, 2010).

T. americana presenta problemas para su propagación, ya que se ha intentado mediante técnicas sexuales y asexuales con éxito parcial; además, su semilla es de germinación retardada por la presencia de inhibidores, de una cubierta impermeable, dormancia en el embrión y pericarpio resistente, por lo que algunos autores mencionan que estos tipos de latencia pueden ser superados por medio de escarificación con tratamientos que incluyan el uso de ácidos fuertes o estratificándola a bajas temperaturas (Rodríguez, 1986; García, 1994). En propagación se ha logrado obtener plantas por vía sexual (Rojas *et al.*, 2004) y mediante técnicas de cultivo *in vitro* (Park, 2002) y por estaca (Díaz, 2010) por la parte asexual, no obstante, en ambos casos el conocimiento sobre esta especie no es suficiente.
Por ello es importante estudiar sobre los principales métodos de reproducción que aseguren su supervivencia, tal es el caso de su propagación por semilla y por estaca.

2. Antecedentes

La familia Tiliaceae se conformó en 1789 por A. L. De Jussiew, tomado como base el género *Tilia*. Esta familia está distribuida ampliamente, tanto a nivel nacional como mundial, las flores de sus diferentes especies se han utilizado en la herbolaria de algunos países, dándole diferentes usos según la región (Niembro-Roca, 1986; Rojas-Alba, 1996). La familia abarca alrededor de 50 géneros y 450 especies, con una distribución principalmente pantropical y ocasionalmente templada (Cronquist, 1981).

La familia Tiliaceae comprende los géneros: *Ancistrocarpus, Apeiba, Asterophorum, Berrya, Brownlowia, Burretiodendron, Christiana, Clappertonia, Colona, Corchorus, Craigia, Desplatsia, Diplodiscus, Duboscia, Eleutherostylis, Entelea, Enrinocarpus, Glyphaea, Goethalsia, Grawia, Hainania, Heliocarpus, Hydrogaster, Jarandensonia, Luehea, Lueheopsis, Microcos, Mollia, Mortoniodendron, Neotessmannia, Pentace, Pentaplaris, Pseudocorchorus, Schoutenia, Sicrea, Sparmannia, Tahitia, Tetralix, Tilia, Trichospermum, Triumfetta, Vasivaea* y *Vinticena* (Watson y Dallwitz, 1992)

En México, la familia Tiliaceae se encuentra representada por 12 géneros y cuenta con aproximadamente 63 especies, las cuales forman parte de la flora de muchos ecosistemas en su mayoría cálidos y templados del país. Los estados de Guerrero y Michoacán presentan el mayor número de géneros pertenecientes a esta familia con 5, seguidos de Morelos y Oaxaca con 3. La mayoría de las especies se encuentran prosperando en bosques de pino – encino, bosque mesófilo de montaña y bosque tropical caducifolio, aunque también se les ha reportado en áreas perturbadas derivadas de estos tipos de vegetación en un intervalo altitudinal de 100 a 2000 msnm (Colmenero-Robles *et al.*, 2003).

a). Generalidades de *Tilia*

Generalmente son árboles, arbustos o plantas herbáceas perennes, caducifolios, por lo general pubescentes con pelos estrellados y simples o con escamas peltadas, hojas alternas o rara vez opuestas, pecioladas, estipuladas por lo común deciduas, láminas simples pero de borde dentado y a veces más o menos lobulado, palmadamente nervadas, con frecuencia asimétricas, inflorescencias axilares o terminales, cimosas, paniculadas o bien las flores solitarias, flores hermafroditas, actinomorfas, a veces caliculadas; sépalos 2(4) a 5(8), libres o a veces connados en la base, valvados, caedizos o persistentes, pétalos 4 o 5, a veces sepaloides, rara vez ausentes, por lo usual libres, de prefloración contorta, imbricada, valvada o convoluta, con frecuencia glandulares en la base, nectarios por lo común consistiendo en varios mechones de pelos glandulares, estambres por lo usual numerosos, pocas veces 10 o menos, insertos en el receptáculo o internos en el disco néctarífero o sobre un androginóforo corto, no diferenciados claramente por verticilos, libres o con los filamentos connados en la base, a veces 5 o más estaminoidales en las flores hermafroditas, estaminoidales o ausentes en las flores pistiladas, anteras ditecas, dehiscentes longitudinalmente o por un poro apical, gineceo sincárpico, formado por (1)2 a 5(10) carpelos, ovario supero o rara vez subínfero o ínfero, sésil en el receptáculo o sobre un androginóforo, lóculos del mismo número que los carpelos o a veces el ovario unilocular, óvulos (1)2 a varios por lóculo, placentas axilares, estilo simple, estigma capitado o lobado, seco, fruto en forma de baya, capsula, drupa o sámara, a veces espinoso o en ocasiones alado, seco o escamoso, dehiscente o no, semillas una a muchas, aladas, ariladas o con pelos, albumen escaso o abundante (Standley, 1982; Fryxell, 2001; Pérez-Cálix, 2009)

Son varias la especies que conforman el género *Tilia*, aunque en México, Standley (1982) reporta la presencia de cuatro especies de *Tilia*, *T. floridana* small, *T. hough*i Rose, además de *T. occidentalis* Rose y *T. mexicana* Schltdl, estas últimas localizadas en Michoacán.

b). *Tilia americana* var. *mexicana*

Tilia americana var. *mexicana* pertenece a la división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida y orden Malvales (clasificación según Brands, 2008) (cuadro 1), hasta antes de 1990 la especie se ubicaba taxonómicamente como *Tilia mexicana* Schtdl. Pero Hardin (1990) la clasifica como una variedad de *Tilia americana: T. americana* var. *mexicana* (Schtdl) Hardin.

Cuadro 1. Clasificación de *T. americana* var. *mexicana* (Schtdl) Hardin (Brands, 2008)

Dominio	Eukaryota
Reino	Plantae
Subreino	Viridaeplantae
Phylum	Tracheophyta
Subphylum	Euphyllophytina
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Tiliaceae
Subfamilia	Tilioidea
Género	*Tilia*
Especie	*Tilia americana*
Variedad	*mexicana*
Nombre común	Cirimo, Tilo

Los árboles de *Tilia* son caducifolios, arbustos o plantas herbáceas de hojas alternas (Figura 1), raras veces opuestas, simples, enteras, dentadas o lobuladas, pecioladas, con estipulas

caedizas o persistentes, dispuestas en dos filas, simples, con apéndice agudo o acuminado y la base cordada. Presentan flores regulares, hermafroditas, actinomorfas, con cáliz y corola formados por dos verticilos pentámeros, numerosos estambres libres o reunidos en la base en 5-10 haces (poliadelfos). El gineceo comprende 2-5, a veces más, carpelos soldados en un ovario supero. Están dispuestas en cimas, corimbos, o panículas axilares o terminales. Tienen 5 sépalos, raras veces 3 o 4, libres o unidos, 5 pétalos, a veces menos o ausentes. A veces aparecen estaminodios. Flores masculinas a menudo olorosas, pentámeras, dispuestas en cimas colgantes, con el pedúnculo soldado hasta su mitad a una bráctea foliácea. Estambres numerosos. Fruto seco capsular o carnosos drupáceo, dehiscente o indehiscente (Figura), la polinización es entomógama. Generalmente de corteza lisa, grisácea, que se agrieta con los años (Watson y Dallwitz, 1992).

Figura 1. *Tilia americana* var. mexicana (Schltdl) Hardin, sus hojas, fruto y semillas

c). Distribución de *Tilia americana* var. *mexicana*

En México se distribuye en varios Estados como Chihuahua, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí,

Tamaulipas y Veracruz. En Michoacán se le puede ubicar en los municipios de: Charo, Cherán, Chilchota, Coalcomán, Erongarícuaro, **Morelia**, Nahuatzen, Nuevo Parangaricutiro, Paracho, Pátzcuaro, Queréndaro, Los Reyes, Salvador Escalante, Tingambato, Tumbiscatío, Uruapan y Zacapu (Bello, 1933) (Figura 2).

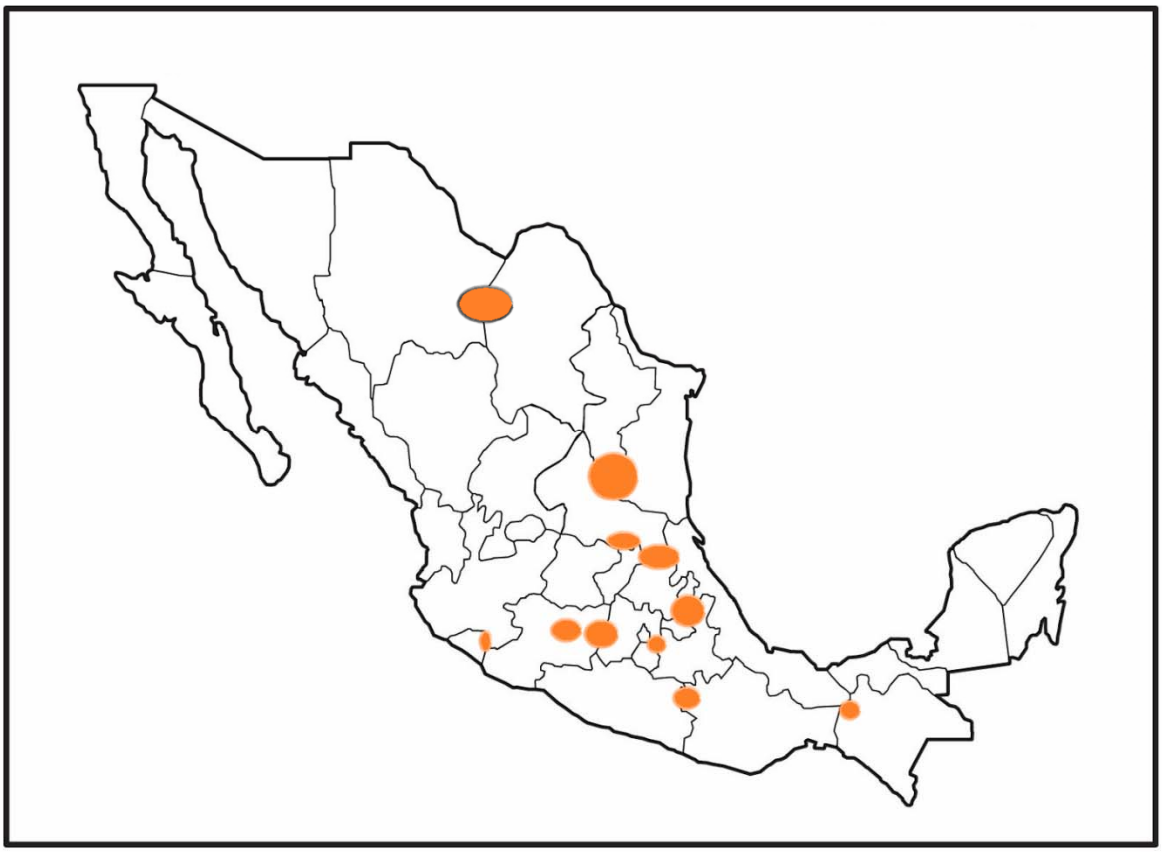

Figura 2. Distribución de *Tilia americana* var. *mexicana* a nivel nacional (Modificado de Pavón y Rico-Gray, 2000)

d). Usos de *Tilia americana* var. *mexicana*

Se ha descrito el género *Tilia* así como los usos que se le da a cada especie, entre las que se menciona a *T. americana* con diversos usos desde la construcción hasta fabricación de guitarras y muebles (Pérez-Calix 2009).

Por ello, en relación al aprovechamiento de *T. americana* existen trabajos sobre el uso de varias especies pertenecientes al género, las cuales presentan importancia en las artesanías del estado de Michoacán donde se menciona a *T. americana* dentro de las utilizadas para la elaboración de diversas artesanías, tal es el caso de la región purépecha en la que se elaboran las guitarras sobretodo (Pérez-Olvera, 1993).

Para Zirahuén, *T. americana* es considerada como una madera insustituible para la fabricación de cucharas, tenedores y palas talladas a mano, debido a que es ligera, blanda y fácil de trabajar. En Cherán la utilizan para fabricar máscaras. En Paracho se usa para la tapa de guitarra popular tipo español y es muy apreciada por los artesanos, pues no se dobla ni se raja, siendo además muy económica, más que el pino canadiense (Guridi, 1980).

El tilo se utiliza por lo general en fresco, por lo cual se cortan las ramas delgadas y se pican incluyendo a las flores y las hojas. Su aprovechamiento se rige por la NOM-007-REC-NAT-1997, en la cual se establecen los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento de ramas, hojas, flores, frutos y semillas. Los cuales se comercializan tanto a granel como procesados, en este último concepto se incluye la elaboración de productos picados, secados molidos, encapsulados y envasados, los que se venden tanto en mercados públicos como en puestos ambulantes.

Por ello las flores y las hojas de *T. americana* se utilizan como productos medicinales, un ejemplo de ello es su uso en el tratamiento de enfermedades de tipo nerviosas al tener un efecto depresor del sistema nervioso central, se utiliza también como sedante, para males cardiacos y para combatir la tos y el reumatismo (Avilés-Montes, 2008; Pérez-Ortega *et al.*, 2008; Muñoz *et al.* 2011).

e). Propagación de *Tilia americana* var. *mexicana*

Con respecto a la propagación de *T. americana* existen diversos reportes, uno de los cuales resalta la problemática para la propagación tanto sexual, por semillas, como asexual por estacas de *Tilia*. Debido a ello no se ha desarrollado una estrategia adecuada para su propagación a gran escala (García-Magaña, 1994).

También se ha reportado la multiplicación de brotes y enraizamiento de los mismos de *T. americana*, por medio de condiciones de cultivo *in vitro,* así como el éxito en la reproducción de las semillas (Atrián, 2005).

En cuanto a la propagación por estacas de árboles adultos de *T. americana,* se menciona dentro de un estudio, en el cual solo se lograron obtener resultados en una de las cuatro colectas realizadas, en donde se reportan porcentajes bajos de enraizamiento y brotación (Muñoz-Flores *et al.*, 2011).

Con relación a la propagación sexual de *T. americana,* los antecedentes mencionan la germinación y propagación de semillas y plántulas en condiciones de vivero e *in vitro*, en donde se logró obtener un porcentaje de germinación de hasta 75 % en condiciones *in vitro*, mientras que en invernadero solo se observa un 35 % (Gómez-Cruz, 2012)

En un estudio más reciente de *T. americana*, se reportan las condiciones del establecimiento de la propagación in *vitro* por semillas y yemas (micropropagación) con resultados satisfactorios, ya que después de 60 días del cultivo, el mayor porcentaje de germinación fue de un 74% en semillas tratadas con HCl 10% durante cinco minutos, además de que después de 90 días de cultivo en invernadero, se observó un 70% de supervivencia (Zurita-Valencia *et al.* 2014).

Hablando de la morfología de *T. americana*, se reporta que la recolección temprana de los frutos de dicha especie al tornarse de un color café tenue, es recomendable para su posterior reproducción (Bailey, 1961).

Cabe mencionar que los reportes sobre la época de colecta tanto de las estacas como de la semilla son muy relativos, además de que existe poca información sobre morfología de estacas así como de la morfología de las semillas, por lo cual se considera que puede ser tanto relativo como apreciativo.

3. Justificación

Tilia americana var. *mexicana* presenta una gran importancia económica de acuerdo a sus diversos usos, siendo la principal causa del descenso de sus poblaciones al grado de ser considerada especie en peligro de extinción dentro de la NORMA 059 SEMARNAT 2010.

Existen algunos estudios sobre propagación vegetativa, sin embargo, no especifican las características macroscópicas de la estaca al momento de la colecta, lo cual representa un problema durante de la propagación. Por ello es importante desarrollar una estrategia para su propagación basada en dichas características.

4. Hipótesis

El color y el tamaño de las semillas afectan la germinación de *Tilia americana* var. *mexicana*

La utilización de auxinas y las condiciones ambientales afectan el enraizamiento de estacas de *Tilia americana* var. *mexicana.*

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Evaluar características macroscópicas de semillas y determinar las condiciones de enraizamiento de estacas de *Tilia americana* var. *mexicana* (Schltdl) Hardin

5.1.1. Objetivos específicos

Evaluar las características macroscópicas de la bráctea, frutos y semillas de *T. americana* var. *mexicana*

Determinar el porcentaje de germinación de las semillas de *T. americana* var. *mexicana*

Evaluar las características macroscópicas de las estacas de *T. americana* var. *mexicana*

Determinar el porcentaje de brotación y sobrevivencia de las estacas de *T. americana*

6. Materiales y métodos

a). Descripción de los sitios de colecta

Los sitios de colecta asignados para la obtención de estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*, fueron: “Los Filtros viejos” o “Río chiquito de Morelia”, Mich, ubicado en la coordenadas 19°40'26.03"N y 101° 9'3.53"O dentro de la ciudad de Morelia; y un sitio ubicado sobre la carretera Pátzcuaro- Morelia a la altura de kilómetro 53 en las coordenadas 19°29'55.12"N y 101°37'38.70"O (Figura 3).

Figura 3. Ubicación del área de colecta de *Tilia americana* var. *mexicana*

b). Material biológico

El material biológico para este estudio consistió en ramas y frutos de *Tilia americana* var. *mexicana*, colectados con tijeras de diferentes individuos en las localidades antes mencionadas.

De los mismos individuos que se obtuvieron las ramas de *Tilia americana* var. *mexicana* se colectaron las brácteas florales, obteniéndose entre 30 y 60 alrededor de la copa. Las colectas se realizaron de septiembre del 2013 a marzo del 2014.

En el caso de los frutos, la colecta se realizó de forma manual.

Una vez realizadas las colectas de frutos de *T. americana* (tilo), se procedió a realizar la descripción macroscópica, en primer lugar se describió la bráctea floral en la que se encontraron los frutos o drupas, tomando en consideración el color de la bráctea.

Los frutos fueron clasificados de acuerdo a su color y su tamaño. El color se determinó en base a las tablas Munsell (Mazorra *et al*. 2003, Tovar-Rocha *et al*. 2004) y para el tamaño se utilizó una malla con una abertura de 5mm. A los frutos se les desprendió el pericarpio de manera manual y se realizó la descripción de las semillas. Las características que se tomaron en cuenta fueron semillas vanas y semillas llenas.

c). Métodos

Germinación de semillas de *Tilia americana* var. *mexicana*

La germinación de semillas de *T. americana* se realizó utilizando las semillas llenas. Se realizó la desinfección de las semillas de *T. americana* con ayuda de hipoclorito de sodio comercial (cloralex) a una concentración del 10% (v:v), mediante el método de agitación durante 30 minutos. Posteriormente se les aplicó el tratamiento pre germinativo con una escarificación de HCL (ácido clorhídrico) al 10 % vol/vol, por 5 minutos y posteriormente se remojaron las semillas en agua esterilizada por tres días (Atrián, 2005) (Figura 4).

Figura 4. Escarificación y remojo de semillas llenas de *Tilia americana* var. *mexicana*

Una vez transcurrido el tiempo de remojo de las semillas, se colocaron las semillas de manera individual (Zurita-Vega. 2014) dentro de cajas de Petri y con un trozo de papel filtro en la base, como la suficiente agua para cada semilla, posteriormente se les cubrió con papel periódico para tener condiciones controladas de humedad, temperatura y luz.

d). Descripción macroscópica de las estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*

Para la colecta de ramas de Tilo se utilizaron unas tijeras, obteniéndose de éstas, las varetas, siendo estas últimas colocadas en un costal e introducidas dentro del cauce de un río aproximadamente durante 40 minutos (eliminación de posibles sustancias inhibidoras), para su posterior traslado a Ciudad Universitaria de la Universidad Michoacana. De dichas varetas se obtuvieron las estacas con una longitud de 20 cm y un diámetro de 1.5 cm, conteniendo de 2 a 3 nudos por estaca (Cozzo, 1976; Muñoz-Flores *et al.*, 2011) (Figura 5).

Figura 5. Colecta de ramas de *Tilia americana* var. *mexicana* en los filtros viejos en Morelia, Mich.

Para todas las estacas de *T. americana* de los dos sitios considerados, se les realizó la descripción macroscópica, cuyos parámetros fueron color de la corteza y longitud de yema y brote. Para el enraizamiento y brotación de estacas de tilo, se realizó de acuerdo al método de Muñoz-Flores y colaboradores (2011), variando únicamente el sustrato. En cuanto a los sustratos se prepararon en diferentes proporciones, usando mezclas de sustratos comerciales: 1) Aserrín + Fibra de agave 3:1, 2) Vermiculita + Turba 3:1 y Creci root + Arena tamizada 2:1, así como un sustrato local con el fin de comparar resultados. El método de aplicación del enraizador RADIX 10 000 fue por contacto, no sin antes aplicar una capa de pintura en aceite en la parte superior de cada estaca y cada nudo con el fin de evitar la deshidratación de las mismas. Todas las estacas fueron colocadas a la intemperie tal como lo menciona el autor

Posteriormente se procedió a colocar las estacas en las diferentes mezclas de sustratos, que previamente se colocaron en tubetes forestales con una capacidad de 500 ml. A las estacas se les aplicó un riego de 60 ml por semana por estaca y cada 15 días se reportó el porcentaje de brotación y sobrevivencia.

7. Análisis estadístico

a). Germinación de semillas de *T. americana*

Con relación a la germinación de las semillas de *T. americana* se planteó un diseño completamente al azar considerando los métodos establecidos en la literatura para esta especie (Atrian, 2005; Gómez-Cruz, 2012).

8. Resultados

a). Descripción macroscópica de frutos y semillas de *Tilia americana* var. *mexicana*

Bráctea floral

En el sitio de "Filtros Viejos" se tomaron las muestras de ramas y de frutos de dos individuos, siendo los únicos ejemplares, mientras que de la localidad de Pátzcuaro, se encontraron dos individuos con presencia de frutos de una población de 15 árboles. Al momento de la colecta se observó la presencia de brácteas de color marrón y color verde en un mismo individuo (Figura 6). En el cuadro 2 se presentan las brácteas colectadas para cada árbol. Para el caso de filtros viejos las brácteas se colectaron de septiembre del 2013 a enero del 2014. El número de brácteas colectadas en el árbol uno de dicha localidad fue un total de 55 brácteas, 30 de color verde y 25 de color marrón. En el árbol dos de la misma localidad se colecta un menor cantidad con 25 brácteas en total, 15 de color verde y 10 color marrón. En el caso de la localidad de Pátzcuaro las brácteas se colectaron de enero a marzo del 2014. Para este sitio se obtiene mayor cantidad de brácteas en ambos individuos, colectándose 60 en el primero y 50 en el segundo.

Cuadro 2. Total de brácteas floral de *Tilia americana* var. *mexicana* colectadas de un mismo individuo

Localidad	Filtros Viejos				Pátzcuaro			
Árbol	**1**		**2**		**1**		**2**	
Bráctea foliar	**Verde**	**Seca**	**Verde**	**Seca**	**Verde**	**Seca**	**Verde**	**Seca**
N° de brácteas	30	25	15	10	30	30	30	20

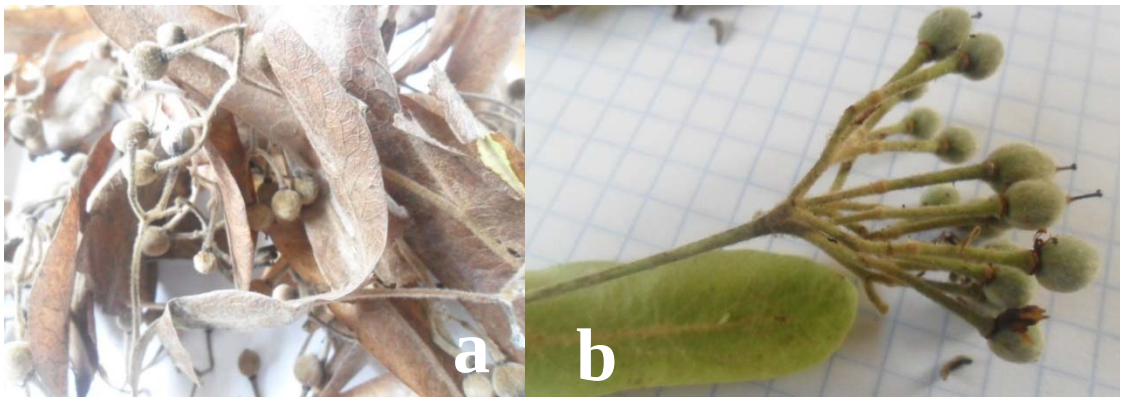

Figura 6. Brácteas florales de *T. americana* var. *mexicana*, colectadas de un mismo individuo de dos localidades (a) seca o café y (b) verde

b). Color del fruto (drupa)

En relación al color del fruto se logró observar que dentro de un mismo individuo se presentan dos coloraciones, un color verde y color marrón, los cuales corresponden al mismo color de la bráctea en que se encontraban. Por un lado se observaron frutos con una cubierta de color café o marrón o con una clasificación HUE 10 YR 7/4 de café muy pálido, así mismo en otros frutos se observó una coloración verde o de acuerdo a la tabla munsell presenta una clasificación HUE 5Y 6/4 olivo pálido (Munsell, 1975) (Figura 7).

Figura 7. Frutos colectados en árboles de *Tilia americana var. mexicana* de dos localidades marrones (a) y (b) verdes

c). Clasificación por tamaño de frutos de *Tilia americana* var. *mexicana*

Una vez clasificados los frutos de tilo por coloración, se subclasificaron de acuerdo a su tamaño, obteniéndose dos tamaños, un grupo con frutos mayores a 5 mm y otro grupo con aquellos menores a 5mm. (Cuadro 3). En los frutos de color marrón se distingue una mayor proporción con diámetros mayores a 5 mm, mientras que en los de color verde no se observa un patrón definido, esto es, la misma proporción de frutos con diámetros mayor a 5 y menor a 5 mm.

Cuadro 3. Clasificación por tamaño de frutos de *Tilia americana* var. *mexicana*

Localidad	Filtros Viejos								Pátzcuaro							
Árbol	1				2				1				2			
color del fruto	Verde		marrón		Verde		marrón		Verde		Marrón		Verde		Marrón	
Tamaño de los frutos (mm)	5< - >5		5< - >5		5< - >5		5< - >5		5< - >5		5< - >5		5< - >5		5< - >5	
%	**33**	**67**	**60**	**40**	**52**	**48**	**40**	**60**	**50**	**50**	**43**	**57**	**40**	**60**	**35**	**65**

d). Color de las semillas de *Tilia americana* var. *mexicana*

Una vez retirado el pericarpio de los frutos de *T. americana* , se obtuvieron las semillas, las cuales presentaron una coloración blanca y una coloración café oscura, se obtuvieron mayormente una semillas por fruto y en algunas se observaron dos frutos (Figura 8), las semillas de coloración blanca se consideraron como vanas y las de café oscuro como llenas, esto debido a que se les aplico el método de flotación pero todas se comportaron de la misma forma, por lo cual se estableció lo antes mencionado para su clasificación (Cuadro 4). Es importante comentar que solo se utilizaron las semillas café oscuro y completas, debido principalmente a que las semillas blancas no se encontraban desarrolladas por completo, lo cual se observó al retirar el pericarpio, además de que en su mayoría se presentó en frutos menores a 5 mm, por lo cual solo se continuó con los frutos mayores a 5mm.

Cuadro 4. Clasificación por color de semillas de *T. americana* var. *mexicana*

Localidad	Filtros Viejos				Pátzcuaro			
Árbol	**1**		**2**		**1**		**2**	
Color del fruto	**Verde**	**marrón**	**Verde**	**marrón**	**Verde**	**marrón**	**Verde**	**marrón**
N° de frutos	200	100	120	120	150	170	180	130

Figura 8. Semillas de *T. americana* var. *mexicana* a) blancas o vanas y b) café oscuro o llenas colectadas de dos localidades

e). Germinación de *Tilia americana* var. *mexicana*

Los resultados de germinación de *Tilia americana* var. *mexicana* obtenidos después de 90 días se presentan en el cuadro 5. En cuanto a la germinación solo se obtuvo un 10 % para el árbol 1 de Pátzcuaro (Figura 9).

Cuadro 5. Clasificación de semillas y porcentaje de germinación de *Tilia americana* var. *mexicana*

Localidad	Filtros Viejos		Pátzcuaro	
Árbol	**1**	**2**	**1**	**2**
% Germinación	0	0	**10**	0

Figura 9. Semilla germinada de *Tilia americana* var. *mexicana*

f). Descripción macroscópica de las estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*

Total de varetas y estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*

El total de varetas de *T. americana* fue de 36 varetas para el árbol 1 y 2 en la localidad de los “Filtros Viejos”, mientras que en la localidad de Pátzcuaro solo se obtuvieron 10 varetas en el árbol 1 y 2 respectivamente. Cabe mencionar que para ambas localidades es equivalente el número total de varetas y de estacas, ya que se obtuvo una estaca por vareta debido a que es de 1.5 cm de cada estaca.

g). Color de la corteza en estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*

Las estacas fueron obtenidas de dos individuos en el sitio de Filtros Viejos tal como se mencionó anteriormente. En estas estacas se pudieron clasificar de acuerdo a dos colores, HUE 5 Y 3/2 de olivo-gris, mientras que otras presentaban una coloración rojiza-cafesosa o HUE 2.5 YR 4/4 de café-rojizo (Munsell, 1975; Pinzón *et al.*, 2007).

Para la localidad de Pátzcuaro se observó una coloración grisáceo–verdoso en la corteza de algunas de las estacas o HUE 5 Y 4/4 de olivo, mientras que en otras se observó una coloración más oscura de color café o HUE 10YR 3/3 de café oscuro, también se presentaron muchos líquenes en dichas estacas, así mismo, se observaron unas protuberancias en algunas de las estacas (Figura 10).

Figura 10. Estacas de *Tilia americana* var. *mexicana* colectadas en dos localidades: 1- Filtros Viejos a) estacas olivo-gris, b) café-rojizo. 2- Pátzcuaro c) olivo y d) café oscuro.

h). Longitud de yemas y brotes de *Tilia americana* var. *mexicana*

En las estacas de la localidad de los Filtros Viejos se observaron pequeñas yemas de color amarillento – verdoso de aproximadamente 2 a 5mm, así como brotes que presentaban hojas pequeñas de color rojizo.

En la localidad de Pátzcuaro se encontraron yemas en pequeñas cantidades de color verde-rojizo de aproximadamente 3 mm, también se observaron brotes con hojas pequeñas de color verde – rojizo con un tamaño de aproximadamente 3 a 5 cm (Figura 11).

Figura 11. Presencia de yemas y brotes en estacas de *Tilia americana* var. *mexicana* colectadas en dos localidades: Filtros Viejos a) brote, b) yema, Pátzcuaro c) brotes y d) yema

i). Brotación y enraizamiento de estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*

En relación a la brotación y enraizamiento de estacas de *T. americana* colectadas en septiembre del 2013 (denominada primera colecta) se presentó 0 % de brotación y 0 % de sobrevivencia a los 15,30 y 45 días en tratamiento con Radix 10 000 y en el control. Esta situación sumado a la poca cantidad de material biológico obligo a que en el presente estudio se procedió a considerar otros enraizadores y bajo otras condiciones ambientales. En el primer caso se utilizaron dos enraizadores: Raizone plus y Pro root en dos concentraciones (5 y 15 ppm) con ambos enraizadores, así como un tratamiento sin enraizador para las condiciones ambientales se colocaron estacas en vivero y además se procedió a construir una cámara de enraizamiento rustica o de subirrigación en base a lo propuesto por Leakey y colaboradores (1990), (Figuras 12 y 13). Los porcentajes obtenidos durante las colectas realizadas dentro del estudio se presentan en el cuadro 7, mostrando valores en promedio de los dos enraizadores en las dos concentraciones. En todos los tratamientos se observó brotación a partir de los 15 a excepción de la primera colecta. Sin embargo a los 60 días los porcentajes de sobrevivencia se reportan como cero en las tres condiciones para cuatro de las cinco colectas. Dentro de las colectas realizadas sobresale la realizada en el mes de mayo (cuarta), al presentarse porcentajes de brotación a los 15 días de 50 % en vivero y 25 % en cámara y en el control, posteriormente se mantiene la sobrevivencia hasta los 45 días, disminuyendo hacia los 60 días en vivero y cámara de enraizamiento, mientras que en el control se mantiene un 25 % de sobrevivencia transcurridos 270 días (Figura 14).

Cuadro 6. Porcentajes de brotación y sobrevivencia de estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*

		% de brotación				% de sobrevivencia									
	Tiempo	**15 días**				**30 días**					**60 días**				
	Condiciones	**Vivero**		**Cámara**		**Vivero**		**Cámara**		**Control**	**Vivero**		**Cámara**		**Control**
	Enraizador	Con	sin	con	Sin	con	sin	Con	sin	-	con	Sin	con	sin	-
Colectas	**Primera (Septiembre)**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda (Noviembre)	0	30	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	0
	Tercera (Enero)	20	20	0	0	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0
	Cuarta (Mayo)	**50**	**25**	**25**	**0**	**0**	**50**	**25**	**50**	**25**	**0**	**25**	**0**	**25**	**25**
	Quinta (Agosto)	**25**	**25**	**25**	**0**	**0**	**25**	**25**	**25**	**25**		0	0	0	0

V: vivero, Ca: cámara de enraizamiento y Co: control.

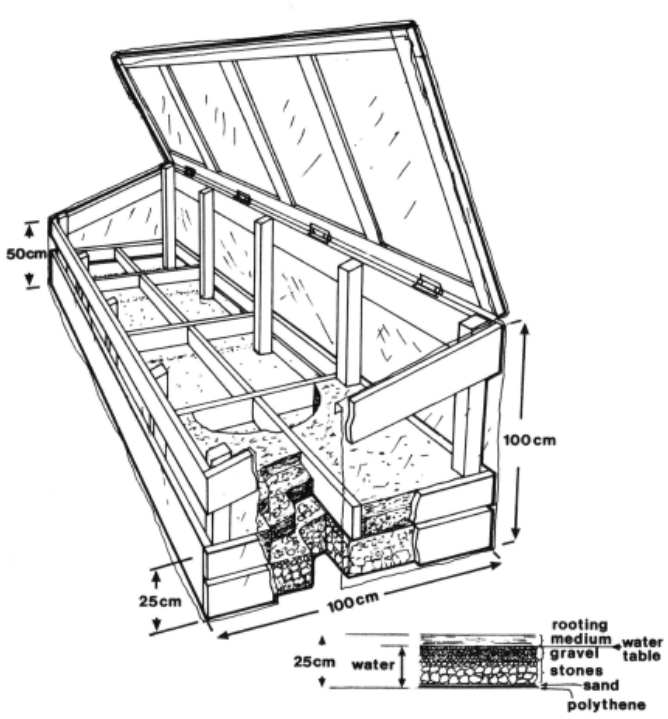

Figura 12. Diagrama de la cámara de enraizamiento.

Figura 13. Cámara de enraizamiento rustica.

Figura 14. Brotes de estacas de *T. americana* a) 15 días en vivero, b) 30 días en cámara de enraizamiento, c) y d) 30 días en vivero, e) 45 días en cámara y f) control

9. Discusión

a). Características macroscópicas de frutos y semillas de *Tilia americana* var. *mexicana*

Tilia americana var. *mexicana* es una especie en peligro de extinción para la flora mexicana, para México solo se reporta la presencia de cuatro especies pertenecientes al género (Standley, 1982). Son poco conocidos los aspectos relacionados con las características del tilo en México acerca de sus frutos, semillas y la germinación. Dentro de los resultados se observó variación en cuanto a la bráctea floral, los frutos y las semillas de tilo. Los estudios enfocados a describir las características macroscópicas de dichas estructuras y su posible relación con la germinación son escasos. Los frutos de color verde contenían semillas de color blanco, lo cual fue clasificado como semillas vanas de acuerdo al método de flotación, sin embargo, estas semillas estaban inmaduras. Es conocido en varios frutos que el color verde está relacionado con de su grado de madurez (Wesche-Ebeling y Montgomery, 1990), lo cual coincide también para esta especie maderable.

Los frutos de tilo de color marrón contenían semillas de color café oscuro, lo cual coincide con lo reportado para *Tilia platyphyllos* y con *T. cordata* (Ruiz de la Torre, 2006). El color de las semillas fue muy homogéneo, lo cual difiere con otras especies en donde se ha observado un color de semilla desde verde-olivo hasta marrón o castaño (Carreras *et al*. 2001) y de verde oscuro hasta un naranja rojizo o amarillo-rojizo (Mazorra *et al*. 2003, Tovar-Rocha *et al*. 2004).

b). Germinación y tratamientos en semillas de *Tilia americana* var. *mexicana*

En especies como *T. cordata* y *T. platyphyllos* se ha reportado la germinación como lenta debido a la doble latencia que presentan (exógena y endógena) causada por el pericarpio y por la cubierta impermeable, así como por el endospermo (Catalán, 1991). El proceso de germinación en *T. americana* comenzó a partir de los 90 días de colocadas las semillas en

las cajas de Petri, con lo cual se podría decir que también es lenta. El 10 % de germinación obtenido en este trabajo es inferior al reportado por Atrián-Mendoza con un 74 % en cultivo *in vitro* (2005) y a los reportado por Gómez-Cruz (2012) con 35 % de germinación en invernadero. El porqué de esta diferencia pudiera estar relacionado con las procedencias, debido a que no se comportan de forma similar aun siendo de la misma especie y al método de germinación.

c). Relación entre el color del fruto y la germinación de *Tilia americana* var. *mexicana*

Las semillas de color café oscuro, obtenidas de frutos marrón y bráctea beige fueron las que presentaron un 10 % de germinación. Este valor de germinación es bajo y la posible razón es multifactorial, esto es, el color del fruto y el color de la semilla. Algunos autores mencionan que la recolección temprana de los frutos de *Tilia* es recomendable para realizar su siembra (Bailey 1961), esto es al cambiar de verdoso a un marrón grisáceo, porque facilita su procesado y aumenta su porcentaje de germinación (Mollashahi *et al.*, 2008). Por lo que un estudio más a detalle sobre el color de fruto y semilla se debe hacer en un futuro.

El porcentaje de germinación puede ser mejorado si las semillas se ponen a germinar recién colectadas, cuando se encuentran en sus primeras fases de maduración sin aplicar un tratamiento de escarificación, solamente dejarla secar, con lo cual se pueden conseguir porcentajes de germinación de hasta el 50 % (García-Magaña 1994).

Para *T. americana* se han mencionan diferentes tratamientos, pero el que más ha funcionado es la escarificación con HCL al 10 % durante 5 minutos (Atrian, 2005; Gómez-Cruz, 2011 y Zurita-Vega *et al.*, 2014), ya que mediante dicho tratamiento se han obtenido porcentajes importantes tanto en vivero como en cultivos in *vitro*. Algunos autores mencionan que las semillas no sometidas a tratamientos pre germinativos pueden tardar en germinar entre 1 y 3 años (Heit, 1977).

Los tratamientos que se recomiendan para especies como *T. cordata* son de tipo combinados, esto para romper con el doble latencia que presenta dicha especie. Dentro de los métodos más recomendados se encuentra la escarificación con ácido sulfúrico

concentrado durante 10 – 20 minutos a temperatura ambiente, seguido de una estratificación en frío durante 3 – 6 meses a 0 – 4 °C (Magherini y Nin, 1993 y Rowe y Blazich, 2008).

En el caso de *T. platyphyllos*, Tylkwoski (2006) obtiene buenos resultados (90 %) mediante el tratamiento de las semillas por 10 minutos con ácido sulfúrico y posteriormente una estratificación a 3 °C de 20 a 24 semanas. Para este misma especie también se ha recomendado el tratamiento en la cubierta de las semillas con agua oxigenada al 1 % por 40 minutos, seguida de una estratificación en frío por 7 meses (Mollashahi *et al.*, 2008). Estos porcentajes son altos comparados con el obtenido en el presente trabajo. Por lo tanto tilo podríamos considerar el uso de un tratamiento combinado como en otras especies pertenecientes al género, es decir, una escarificación acida, ya sea con ácido clorhídrico o ácido sulfúrico que ha dado porcentajes satisfactorios, además del uso posterior de una estratificación ya sea fría o cálida en el caso de la procedencia utilizada en el presente trabajo, con el fin de mejorar los porcentajes obtenidos.

d). Brotación y Enraizamiento de estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*

La propagación por estacas es uno de los métodos de propagación más utilizados y consiste en la separación de un trozo de planta con o sin yemas activas, capaces de regenerar una nueva planta (Hartmann y Kester, 1999). En los resultados de brotación obtenidos en tilo, no se observó una diferencia en estacas con diferente color de corteza, tamaño y color de brote. También se pudo observar que la colecta del mes de mayo (cuarta) presentó mayores porcentajes de brotación a los primeros 15 días (50 % en vivero, 25 % en cámara y en el control) y después de transcurridos 60 días de la siembra, la brotación está presente en la mayoría de las colectas.

Por lo anterior podemos mencionar que el presente trabajo no coincide con lo obtenido por Muñoz-Flores y colaboradores (2011), quienes reportan para la misma especie porcentajes de enraizamiento en estacas para el mes de septiembres (finales de verano). Dichos

resultados los obtienen en estacas con diámetro de 1.5 cm y 20 cm de longitud, mientras que en el presente estudio se reportan para estacas de diámetro mayor o aproximado de 3 cm. Esto podría estar relacionado a la cantidad de reservas de la estaca, debido a que a mayor tamaño, puede tener una mayor cantidad de reservas y por ende una mayor probabilidad de enraizamiento y brotación. Este trabajo tampoco coincide por lo mencionado por Naranjo (1986) quien menciona que la mejor época de propagación es el verano, esto debido a que durante la primavera fue donde se observaron resultados de enraizamiento dentro de este estudio. Además de que en el presente estudio se obtuvieron porcentajes de brotación variados en cuatro de las cinco colectas realizadas, mientras que Muñoz-Flores y colaboradores (2011) solo obtienen resultados en una colecta.

Broshchilov y Kalmukov (1988) reportaron que el enraizamiento en vivero para especies del género *Tilia* con trozos de ramas, suele dar mejores resultados si se emplean esquejes de brotes nuevos o estacas semileñosas de 10 a 18 cm de longitud, especialmente si se les aplican auxinas. Por otro lado Hansen (1988) afirma que el porcentaje de enraizamiento puede mejorar considerablemente si se utilizan muestras provenientes de material joven, así como de brotes u otras yemas adventicias. Por lo tanto se recomienda en trabajos futuros emplear estacas de ramas jóvenes de *Tilia americana*.

La propagación con estacas han sido desarrollada por mucho tiempo con diferentes especies, ejemplos son lo realizado por Vásquez-Restrepo y colaboradores (2006) con estacas juveniles de balso blanco (*Heliocarpus americanus*) obteniendo hasta un 55 % de enraizamiento. En otro trabajo realizado por Soto-Figueroa (2004), quien reporta porcentajes de enraizamiento que van desde 51 % en *Amomyrtus luma*, 80 % en *Luma apiculata* y 90 % en *A. meli*, esto utilizando estacas de plantas jóvenes y adultas, dicho autor encuentra una relación en cuanto al enraizamiento de estas tres especies con su edad, concluyendo que la edad de la planta es un factor importante para un mayor porcentaje de enraizamiento en estacas, además de la época de colecta y condiciones ambientales. Otros autores con diferentes especies también han demostrado que las estacas de árboles juveniles enraízan mejor que estacas de árboles adultos (especies de árboles tropicales) (Mesén, 1998), *Dalbergia sissoo* Roxb, Fabaceae (Gupta, Kumar y Negi 1993) *Tectona grandis*

Linn, Verbenaceae (Nautiyal, Sing y Gurumurti 1991), *Pinus radiata*, Pinaceae (Penman, 1988).

En base a lo anterior se propone que los arboles donadores del material biológico sean jóvenes, debido a que en los arboles viejos para estas localidades no se obtuvieron valores altos de germinación en las semillas, ni de enraizamiento en las estacas, por lo cual se sugiere no colectar de los arboles utilizados en este estudio, sino de árboles más jóvenes, con la finalidad de obtener mayores resultados, ya que creemos que lo obtenido en el presente pudo estar relacionado con las reservas presentes en las estacas, además de otros factores, tal como lo mencionan Hartmann y Kester (1990) los cuales comentan que se ha correlacionado positivamente los niveles de carbohidratos en las estacas con su capacidad para iniciar primordios radicales, reconociendo que una adecuada reserva de hidratos de carbono, en combinación con una relación carbono nitrógeno alta, favorece el enraizamiento (Gutiérrez, 1995). Además de las características de las estacas, en trabajos futuros de debería evaluar el papel de las reservas de carbohidratos en el enraizamiento.

e). Conclusión

El color beige y el tamaño si afectó en la germinación de las semillas de *Tilia americana* var. *mexicana*.

Ni las condiciones ambientales ni el enraizador afectaron el enraizamiento de las estacas de *Tilia americana* var. *mexicana*, solamente afectó el porcentaje de sobrevivencia de los brotes, sin embargo, la época de colecta tuvo un mayor impacto en la brotación y sobrevivencia de los brotes.

f). Recomendaciones

Para estudios posteriores recomendamos el uso de estacas provenientes de árboles donantes jóvenes, ya que de acuerdo a la bibliografía, se han obtenido mayores resultados con dichas estacas.

Así mismo es recomendable realizar estudios acerca de la variación que pueda existir en cuanto a las procedencias del material biológico, ya que como se observó en el presente estudio, existieron diferencias tanto en la germinación de las semillas como en el enraizamiento y brotación de las estacas de *Tilia*.

Además de lo anterior cabe resaltar que es importante un trabajo con el fin de conocer las sustancias de reserva presentes en el tilo, para determinar las épocas de colecta adecuadas para el enraizamiento de las estacas de esta especie.

10.- Bibliografía

Atrián, M. E. 2005. Establecimiento de un sistema de regeneración *in vitro* de *Tilia mexicana* Schltdl. (Tilaceae). Tesis de Licenciatura. Fac. de Biología, UMSNH.

Avilés-Montes, D. 2008. Efecto antidepresivo y caracterización química de lo extractos de las hojas de plantas silvestres y cultivadas en condiciones de invernadero de *Tilia americana* var. *Mexicana*. Tesis de Maestría. Departamento de Biotecnología. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos. 71 pp.

Bailey, I. W. 1961. The development of vessels in angiospemrs and it´s significance in morphologycal reserch. Am. J. Bot. 3: 421-428.

Bello, G. M. A. 1933. Plantas útiles no maderables de la Sierra Purepecha, Michoacán, México. INIFAP. México. Folleto técnico No 10. 115 pp.

Brands, S. J. 2008. The taxonomicon. Universal taxonomic services, Ammsterdam, the neartherlands.

Bravo-Marentes, C. y Lopez-Gomez, A. M. 1999. Inventario de especies vegetales y animales de uso artesanal (Asoc. Mex. De arte y cultura popular A.C), CONABIO, biodiversitas No 22.

Broshchilov K., Kalmukov K., 1988. Propagation of *Tilia tomentosa* and *Prunus avium* by green cuttings. Gorsko Stopanstvo 44(9), 25-28.

Carreras, M.E., A.L.Pascualides y A.M. Planchuelo (2001). Comportamiento germinativo de las semillas de *Crotalaria incana* L. (Leguminosae) en relación a la permeabilidad de la cubierta seminal. *AgriScientia* 18: 45-50.

Catalán, G. 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 378-381.

Colmenero-Robles, Fernández-Nava, R. y Rodríguez-Jiménez, C. 2003. La familia Tilaceae en la cuenca del río Balsas, México. XV Congreso Mexicano de Botanica. Soc. Bot. De México.

Cronquist, A. 1981. An Integrated System of classification of flowering plants. The new york botanical garden, Nueva York, E.U.A, 2062 p.

De la Paz, C. P. O. 1993. Anatomía de la madera de ocho especies con importancia en las artesanías del Estado de Michoacán. Acta Botánica Mexicana, 23:103-136.

Fryxell, P. 2001. Tilaceae. en: Flora Novo-Galiciana. Vol 3. University of Michigan. Press, Ann. Arbor.coma Mich. Pp. 66-109.

García M., J. J. 1994.Tratamientos pre germinativos para la propagación en vivero Tilia mexicana Schl. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. INIFAP. CIRPAC. Boletín Técnico. No. 27. pp. 3-6.

Gómez-Cruz, J. E. 2012. Germinación, Propagación y desarrollo de plántulas de *Tilia americana* var. *mexicana* (Tiliaceae) bajo condiciones de cultivo *in vitro* e invernadero. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 53 p.

Gupta, B. B.; Kumar, A. y Negi, D. S. 1993. Vegetative propagation through braneh cuttings in Dalbergia sissoo Roxb. En: Indian Forester. Vol. 119, no.5; p. 381-387. Nautiyal, Sing y Gurumurti 1991

Guridi, G. L. I. 1980. La madera en las artesanías del estado de Michoacán. Instituto de investigaciones forestales, México. Boletin divulgativo. No 50. Sarh/INIF. 129 p.

Guridi-Gómez, L.I. 1996. Caracterización macroscópica de cuatro especies tropicales mexicanas: Campincerán *(Dalbergia congestiflora* Pittier), Granadillo o Zangalicua (D. *granadillo* Pittier), Palo escrito (D. *palo–escrito* Rzedowski–Guridi) y Granadillo *(Platymiscium lasiocarpum* Sandw.). Ciencia y Tecnología de la Madera. Morelia, México. 8: 3–14.

Gutiérrez, B. 1995. Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. Ciencia e Investigación Forestal 9 (2): 261-277.

Hansen, O. B. 1988. Tissue culture of Norwegian parkland plants ? (I). Gartneryrket 78(17), 530-532.

Hartmann, H. T, y Kester D. E. 1999. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. Traducción al Español por Antonio Marino. 7a reimpresión, Ed. CECSA. México D. F., México. pp: 219-363.

Heit, C. E. 1977. Propagation from seed: 27. Collecting, testing and growing *Tilia* linden species. Am. Nurserym. 146(7), 100-110

Leakey, R. R. B. Mesen, J. F. Tchoundjeu, Z. Longman, K. A. Dick, J. McP newton, A, Matin, A. Grace, J, Munro, R. C. I. y Muthoka, P. N. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical tres. Commonw. For. Rev. 69 (3) 11p.

Magherini R., Nin S. 1993 b. Research on rooting of selected *Tilia* spp. Acta Hort. 331, 259-263.

Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer y B. Cháves. 2003. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). Agron. Colomb. 21(3), 175-189.

Mesén, J. F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de subirrigación. Turrialba, CR.: CATIE. 36 p. (Serie Técnica, Manual Técnico no. 30).

Mollashahi, M., Hosseini S.M., Bayat D., Naseri B., Rezaee A., Vatani l., 2008. Effect of collection time on germination and viability of *Tilia platyphyllos* (Basswood). Iran. J. For. Poplar Res. 16(3), 478-485.

Muñoz Flores, J. H, G. Orozco. G, J. García. M. V. M. Coria. A, R. Salgado. G y M. de R. Santiago. S. 2011. Épocas de colecta y tratamientos para enraizamiento de estacas de cirimo *Tilia mexicana* Schlecht. (Tiliaceae). Rev. Mex. Cien. For. Vol. 2 Núm. 3.

Naranjo, Ch. G. 1986. Ensayo de propagación vegetativa de cirimo (*Tilia mexicana* Schlecht.). Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 66 pp.

Nautiyal, S. Sing, U. y Gurumurti, K. 1991. Rooting response of branch cuttings of teak (*Tectona grandis*) as influenced by season and growth hormones. En: Indian Forester. Vol. 117, no. 49; p. 249-255.

Park, Y. S. 2002. Implementation of conifer somatic embryogenesis in clonal forestry: technical requirements and deployment considerations. Ann. For. Sci., 59:651-656.

Pavón, N, y V Rico-Gray, 2000. An endangered and potentially economic tree of Mexico: *Tilia mexicana* (Tiliaceae). *Econ. Bot.*, 54: 113-114.

Penman, J. T. D. 1988. Volume, taper and bark thickness in seedlings and cuttings from Mamaku forest, New Zealand. En: New Zealand Journal of Forestry Science. Vol. 18, no. 3; p. 311-317.

Pérez-Cálix, E. 2009. Flora del bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán. Fascículo 160.

Pérez-Ortega, G. Guevara-Fefer, P, Chávez M, Herrera J, Martínez A, Martínez A. L, González-Trujano M. E. 2008. Sedative and anxiolytic efficacy of *Tilia americana* var. *mexicana* inflorescences used traditionally by communities of State of Michoacán, Mexico. Journal of Ethnopharmacology, v.116, n. 3, p.461-68.

Rodríguez, P. A. 1986. Tratamientos pre-germinativos aplicados a la *Tilia mexicana* Schlecht. para su propagación en vivero. Tesis Profesional. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 82 p.

Rojas, S, García. y J. Alarcón M. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Ed. Produmedios. Colombia. 56 p.

Rowe, D.B. y Blazich F.A., 2008. *Tilia* L. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1113-1117.

Ruiz de la Torre, J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 441-449.

SEMARNAT, 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Jueves 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México.

Díaz, G. M. Harold. 2010. TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN POR ESTACAS. Tesis Ing. Agro. Universidad Nacional de Ucayali, Perú. 189 pp.

Soto-Figueroa, P. C. 2004. Reproducción vegetativa por estacas en *Amomyrtus luma* (luma), *Amomyrtus meli* (meli) y *Luma apiculata* (arrayán) mediante el uso de plantas madres jóvenes y adultas. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Forestal, Valdivia, Chile. 41 pp.

Standley, P. C. 1982. Trees and shrubs of México. Contribution of the United States National Herbarium. Vol. 23. Smithsonian Institution. United States National Museum, Washington, D. C. USA: 1721 p.

Tovar-Rocha, V., Rocha Granados M del C. y Delgado Valerio, P. 2014. Influencia de maduración del fruto de *A. xalapensis* sobre germinación de semillas y embriones. Núm. 37, ISSN 1405-2768; México, pp. 79-92.

Tylkwoski, T. 2006. Effects of dormancy breaking in stored seeds on germinability and seedling emergence of *Tilia platyphyllos*. Dendrobiology 56, 79-84.

Vásquez-Restrepo, C., Ana María G. U. y Álvarez González J. I. 2006. Propagación por estacas juveniles del balso blanco (Heliocarpus americanus L. Sin. H. popayanensis) utilizando propagadores de subirrigación Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol. 59, núm. 2, 2006, pp. 3479-3498

Watson, L. y Dallwitz, M. J. 1992. The grass genera of the world. 1038 pp. CAB International, Wallingford.

Wesche-Ebeling, P. y M. W. Montgomery. 1990. Strawberry polyphenol oxidase: Its role in anthocyanin degradation. J. Food Sci. 55:731– 734.

Zurita-Valencia. W, J. Elmar Gómez-Cruz, Atrián-Mendoza, E. A. Hernández-García, M. E. Granados-García, J. Jesús García-Magaña, R. Salgado-Garciglia y N- M. Sánchez-Vargas. 2014 Establecimiento de un método eficiente de germinación *in vitro* y micropropagación del cirimo (*tilia mexicana* schlecht.) (tiliaceae). Polibotanica. Núm. 38, pp. 129-144, ISSN 1405-2768; México

IV. CAPÍTULO 2

IV.1. Propagación de *Dalbergia congestiflora* por semilla.

1. Introducción

Dalbergia es el género que más especies contiene de la familia Fabaceae, se consideran más de 300 (Mabberley, 1987), sin embargo en la Base de Datos Mundial de Leguminosas se aceptan 159 especies (ILDIS, 2005). Unas 15 de ellas están entre las maderas comerciales más valiosas del mundo, como el palo de rosa de Brasil (*D. nigra*), palo de rosa de la India (*D. latifolia*), el palo negro de África (*D. melanoxylon*), el palo de rosa de Honduras (*D. stevensonni*) y el cocolobo de América Central y del sur de México (*D. retusa*), así como otras especies mexicanas (*D. congestiflora*, *D. granadillo, D. hipoleuca y D. leneata*).

Las especies pertenecientes al género *Dalbergia* se caracterizan por poseer una madera muy fina, con diferencia de coloración entre la albura y el duramen (Holdridge *et al*., 1997) que se clasifica como excesiva a extremadamente pesada (Carpio, 1992) y excepcionalmente resistente con propiedades insecticidas (Geilfus, 1989), alelopáticas y fungicidas (Rodríguez, 2001; Martínez-Sotres et al., 2012).

En particular *Dalbergia congestiflora* es considerada como un árbol no endémico de México, ya que existen poblaciones en Guatemala, pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae) y a la subfamilia Papilionoideae, se le conoce con los nombres de campincerán, capincherán, granadillo y camotillo, se distribuye en la selva baja caducifolia de los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Morelos (McVaugh, 1987).

Debido a la alta explotación de su madera, actualmente está catalogada como en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2010 (SEMARNAT, 2010),

Por lo anterior es importante desarrollar una estrategia de propagación por semilla, con la que se pueda asegurar la sobrevivencia de la especie.

2. Antecedentes

a). *Dalbergia congestiflora* Pittier

Dalbergia congestiflora pertenece a la división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida y al orden de las Fabales (UNIBIO, 2011) el género fue descubierto por Linneo en 1782 y nombrado así en honor a los botánicos suecos de finales del siglo XVII, Nils y Gustav Dalberg (Allen y Allen, 1981).

Cuadro 1. Clasificación de *Dalbergia congestiflora* Pittier (UNIBIO, 2011)

Dominio	Eukaryota
Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Género	*Dalbergia*
Especie	*Dalbergia congestiflora*

Esta especie es un árbol pequeño de 6 m de alto con 20 cm de diámetro, las flores y frutos presentan brácteas (Figura 15); la inflorescencia con pedicelos y cáliz hispidulosos, brácteas vegetativas jóvenes, escasamente pilosas-adpresas, esencialmente glabro en los primeros años de edad; foliolos (5) 7-10 (13) elíptico-ovado, ápice robusto a redondeado y retuso y de agudo a redondeado hacia la base, la mayoría de 1.5-3 (4.5) cm de largo, 1-2.3 cm de ancho; inflorescencias aglomeradas en panículas irregulares, muy ramificadas, flores 2-3 cm de largo; numerosas yemas escamosas, imbricadas suborbiculares, algo leñosas y persistentes; hojas jóvenes densamente piloso-adpresas por debajo, hojas maduras

glabrecentes; hojas 7-12 cm de largo; flores muy numerosas, 4-5.5 mm de largo, grupos racimosos próximos en los nudos de los ejes secundarios, casi sésiles, los pedicelos de los frutos muy gruesos de 1.5-2 mm de largo; bractéolas y brácteas florales casi semejantes, deciduas, estandarte algo rigido, obovado, retuso, atenuado hacia la base, 3.5 mm de largo, alas y quilla ligeramente cortas, androceo 3mm de largo, dilatado hacia la base, estambres 9, ovario ovulado, largamente estipitado, estípite piloso; estilo 0.5-0.7 mm de largo, rígidos, estigma pequeño, terminal, oblicuo; frutos elíptico oblongos, glabros (con pocos pelos extendidos usualmente persistente en el estípite), 3-4 cm de largo (excluyendo el estípite), 1.2-1.5 cm de ancho, obtuso a cortamente agudo hacia el ápice, base cortamente aguda a atenuada, aparentemente siempre una semilla, 5-10 cm de largo y ancho; estípite filiforme; semilla plana, reniforme, 2-14 mm de largo, 7-8 mm de ancho. Florece de febrero a marzo (en Guerrero), fructifica en marzo en Jalisco y Michoacán (Mc Vaugh, 1987)

Figura 1. Árboles de *Dalbergia congestiflora*, su fruto y semillas

(Fotografía: Alejandra Hernández García)

b). Usos de *Dalbergia congestiflora*

Los usos de la madera de *Dalbergia congestiflora* son muy diversos, los cuales van desde la fabricación de muebles, instrumentos científicos y musicales hasta la fabricación de accesorios para maquinaria pesada (Carpio, 1992; Guridi-Gómez, 1996). Por su belleza y excelentes propiedades físicas de esta madera, es muy apreciada por los artesanos de Michoacán quienes la utilizan para la elaboración de artículos torneados e instrumentos musicales principalmente guitarras. La aplicación que se le da a esta madera, además de la fabricación de artesanías, es la obtención de un colorante para la obtención de una tinta azul (Barragan *et al.,* 1994).

Existen estudios relacionados al aprovechamiento del género *Dalbergia*, entre los que destaca la investigación realizada en Costa Rica, donde se analizan los productos derivados de la fibra y la madera de especies de bosques secundarios utilizados para la elaboración de artesanías, entre las que se encuentra principalmente a *D. retusa* (Santana, 2001).

Algunos autores mencionan el uso de la madera de diversas especies pertenecientes al género *Dalbergia* para la fabricación de guitarras, así como de otros instrumentos de uso doméstico en Paracho, Michoacán. (Pérez-Olvera *et al*., 2002).

Otro uso que se ha descubierto es la obtención de un colorante natural a partir del duramen de *D. congestiflora,* del cual se realizaron estudios para determinar el porcentaje de solubilización y estabilidad (Téllez-Díaz, 2010).

c). Distribución de *Dalbergia congestiflora*

En México, el campincerán se le encuentra en selvas bajas caducifolias, selvas medianas subperennifolias, selvas altas perennifolias y bosques caducifolios y dentro de la vegetación secundaria derivada de los mismos, se reporta desde los 500 hasta los 1165 msnm. Dicha especie se distribuye en los estados de Guerrero (Coyuca de Catalán), Jalisco (La Huerta, Puerto Vallarta), Oaxaca (Mpio. De Guadalupe Ramírez, Mpio. San Felipe Usila. Dto. Silacayoapan) y en Michoacán (Aquila, La Huacana y El Pareo) (Rzedowski y Rzedowski, 2001) (Figura 16).

Figura 2. Distribución de *Dalbergia congestiflora* a nivel nacional (Rzedowski y Rzedowski, 2001)

d). Propagación de *Dalbergia congestiflora*

Trabajos desarrollados referentes a la propagación del género *Dalbergia*, mencionan el uso de *D. sisso* para la aplicación exógena de auxinas (AIA, ácido indolacético; AIB, ácido indolbutírico; y ANA, ácido naftalenacético), lo cual mejora grandemente las tasas de supervivencia y crecimiento de la especie (Puri y Nagpal, 1988).

Dentro de un estudio realizado en el Bosque Húmedo Tropical, se analiza la probabilidad de propagar asexualmente 5 especies nativas del género *Dalbergia*, entre las que se encuentran *D. glomerata* (granadillo rojo), *D. retusa* (granadillo negro), obteniendo porcentajes bajos de enraizamiento para cada especie (Obando y Gandhy, 2001).

Asimismo en un trabajo de plántulas germinadas in *vitro* de Cocobolo (*Dalbergia retusa*), se obtuvieron plantas vía organogénesis a partir de explantes de hipocotilo (Valverde y Alvarado, 2003).

En relación a la morfología de la especie, son pocos los estudios realizados, entre los que se encuentra la descripción de nuevas especies del género *Dalbergia*, así como una clave taxonómica para la identificación de varias especies pertenecientes a dicho género (Linares y Souza, 2007).

Un estudio más reciente sobre la propagación *in vitro* de *Dalbergia congestiflora*, por medio del uso de estacas basales, de las cuales se obtuvieron brotes que fueron fuente de explantes para el establecimiento *in vitro*. Donde obtiene la máxima brotación en un medio de cultivo MS con 1.0 mg/L de benciladenina (BA) y 0.01 mg/L de ANA (Hernández-García, 2014).

3. Justificación

Dalbergia congestiflora tiene una gran importancia económica por sus diversos usos, siendo la principal causa del descenso de sus poblaciones al grado de ser considerada como especie en peligro de extinción dentro de la NORMA 059 SEMARNAT 2010.

Existen algunos estudios sobre propagación vegetativa, sin embargo, no especifican las características macroscópicas de la semilla al momento de la colecta, lo cual representa un problema durante la propagación. Por ello es importante desarrollar una estrategia para su propagación basada en dichas características.

4. Hipótesis

El color, el tamaño y el tratamiento pre-germinativo afecta la germinación de semillas de *Dalbergia congestiflora.*

La plantas de *Dalbergia congestiflora* aumentan su crecimiento a mayor disponibilidad de agua

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Determinar el efecto del color, el tamaño y el tratamiento sobre la germinación y el efecto de la humedad sobre el crecimiento de plantas de *Dalbergia congestiflora* (Pittier)

5.1.1. Objetivos específicos

Evaluar las características macroscópicas de las sámaras y semillas de *D. congestiflora*

Determinar el porcentaje de germinación de las semillas de *D. congestiflora*

Evaluar el crecimiento de las plantas propagadas por semilla de *D. congestiflora* bajo diferentes niveles de riego.

6. Materiales y métodos

a). Descripción del sitio de colecta

En el caso de *Dalbergia congestiflora* se designó la localidad de Carácuaro, municipio de Michoacán para la colecta de semillas (Figura 17).

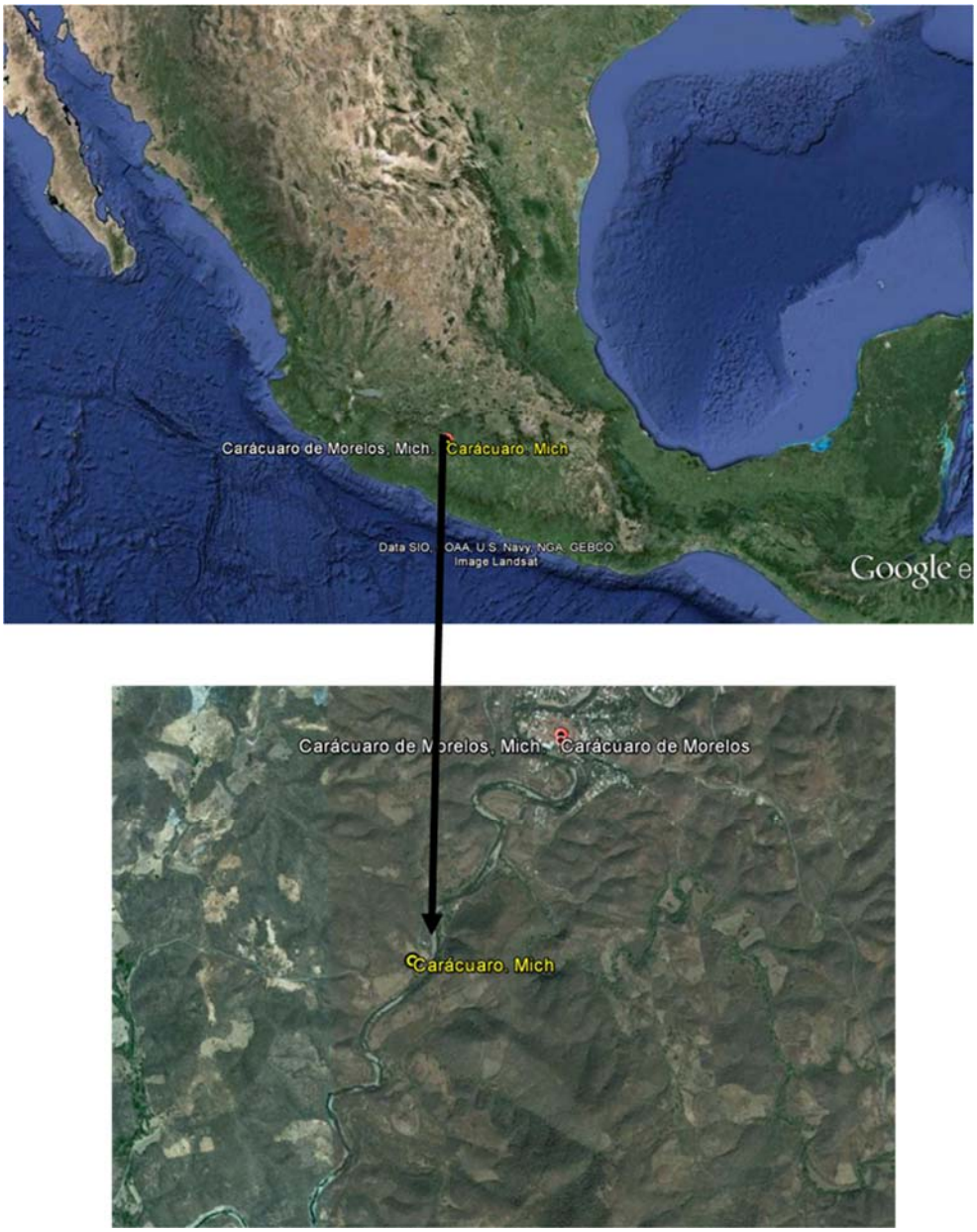

Figura 3. Ubicación del área de estudio de *Dalbergia congestiflora*

b). Material biológico

El material biológico consistió en frutos de *D. congestiflora*, los cuales se colectaron en el mes de Junio del 2013 y procedieron de tres individuos. La identificación del material la realizó Hernández-García (2014). Una vez obtenido el material se realizó la descripción macroscópica, tanto de la cubierta o sámara, como de la semilla. Los parámetros a estudiar consistieron en el color para las sámaras y color y tamaño de las semillas. Una vez retirada la sámara y obtenidas las semillas, se les aplicó una desinfección con ayuda de hipoclorito de sodio comercial a una concentración del 10% (v:v), mediante el método de agitación durante 45 minutos. A todas las semillas se les realizó los tratamientos pre germinativos siguientes: 1) remojo en agua corriente durante 24 horas, 2) remojo en hidróxido de potasio al 10 % (v:v) por 24 horas, 3) tratamiento térmico y el 4) tratamiento control. En el caso del tratamiento térmico consistió en: calentar agua hasta 35 ° C, colocando las semillas durante 2.5 minutos, retirándose las semillas transcurrido dicho tiempo.

c). Métodos

Germinación de semillas de *Dalbergia congestiflora*

Para la germinación se utilizaron un total de 20 semillas por cada tratamiento, dando un total de 80 semillas. Estas semillas fueron colocadas en cuatro en cajas de Petri (unidades experimentales) por cada tratamiento, las cuales en su base contenían algodón humedecido para ayudar la germinación de las cinco semillas contenidas. (Figura 18). Los parámetros que se evaluaron fueron porcentaje de germinación y potencial germinativo.

Figura 4. Germinación de semillas de *Dalbergia congestiflora.*

Las semillas germinadas fueron colocadas en dos mezclas de sustratos (1: Turba + Vermiculita 3:1 y 2: Creci root + arena 3:1) dentro de tubetes forestales con capacidad de 500 ml (Figura 19). El riego de plantas de *D. congestiflora* se realizó con agua corriente aplicando tres niveles de riego dos veces por semana, los cuales son: 15, 35 y 55 ml. Dichos niveles se obtuvieron adicionando agua a capacidad de campo a un total de tres muestras de cada sustrato. Posteriormente se dejó reposar durante tres días y se restableció la humedad con una cantidad de agua conocida, hasta que el sustrato comenzó a gotear se dejó de adicionar agua. El nivel máximo de agua se determinó por la diferencia entre el total de agua adicionada y la cantidad de agua recuperada, obteniendo 55 ml como el total de agua necesaria para restablecer la humedad del sustrato a capacidad de campo. Una vez obtenido el máximo valor se buscó una diferencia de 20 ml entre cada nivel. En base a ello se determinaron los tres niveles de riego como 55 ml el máximo, 35 ml el medio y 15 ml el más bajo. Se obtuvieron datos tanto de altura como de cobertura de las plantas cada 30 días hasta completar 210 días**.**

Las variables evaluadas al final del experimento fueron: altura, cobertura, tasa de crecimiento y eficiencia en el uso de agua (Silva y Acevedo, 1995). En el caso de la altura y la cobertura se obtuvo mediante el promedio en centímetros de las plantas para cada nivel de riego a través del tiempo transcurrido del experimento. Para tasa de crecimiento se utilizaron los promedios en centímetros de cada nivel de riego entre los días trascurridos, es decir, cada promedio se divido entre 30, 60, 90 hasta 210 considerando el tiempo total trascurrido, para la eficiencia en el uso del agua se estimó en base al consumo de agua y a la altura de las plantas.

Figura 5. Semillas germinadas de *Dalbergia congestiflora* dentro de los tubetes forestales.

Cabe mencionar que para todos los tratamientos se consideró un nivel de riego de 60 ml por semana con agua corriente. Posteriormente obtenidas las plántulas se utilizaron tres niveles de riego (15, 35 y 55 ml).

7. Análisis estadístico

Para la germinación de semillas de *D. congestiflora* el diseño utilizado fue completamente al azar con 80 repeticiones. En el caso de las plantas de *D. congestiflora* se utilizó un diseño factorial 2x2. En ambos caso los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico **Statistica versión 7.0.61.0.**

8. Resultados

a). Descripción macroscópica de frutos de *Dalbergia congestiflora*

Color de las sámaras

Una de las características que se describieron fue el color de las sámaras, encontrando dos grupos, en el grupo 1 se les observó un color café claro, mientras que en grupo 2 se presenta un color café más oscuro (Figura 20).

Figura 6. Color de las sámaras de *Dalbergia congestiflora* a) grupo 1 y b) grupo 2.

b). Color y tamaño de las semillas

Retirada la sámara se obtuvieron las semillas, observándose una diferencia de coloración en cuanto a los dos grupos en que fueron separadas. Las semillas del grupo 1 mostraron una coloración de beige a café tenue o en base a la clasificación de Munsell (1975) HUE 7.5YR 6/4 de café brillante, mientras que en el segundo grupo se observaba una coloración café oscuro o HUE 7.5YR 3/2 de café oscuro, además se pudo observar un menor tamaño en estas últimas (Figura 21).

Figura 7. Color y tamaño de semillas de *Dalbergia congestiflora* del grupo 1 y del grupo 2.

c). Germinación de *Dalbergia congestiflora*

En relación a la germinación de esta especie los resultados se muestran en el cuadro 2, donde se puede observar el número de semillas germinadas de *D. congestiflora* por tratamiento y grupos de clasificación de semillas en base a color de testa (Figura 22). Para el potencial germinativo se observa que en las semillas del grupo 1 el potencial es mayor en relación a las del grupo 2 con respecto al tiempo de germinación, al día dos el porcentaje de germinación del grupo 1 es del 70 % independientemente del tratamiento, mientras que en el grupo 2 el porcentaje va del 10 al 40%. Este patrón de comportamiento se mantiene hasta el día cuatro. En el caso del porcentaje de germinación se reporta que los mayores porcentajes se presentan en el tratamiento térmico e imbibición por 24 horas, a partir de los tres y hasta los cinco días en ambos grupos de semillas, mientras que el tratamiento con hidróxido de potasio presenta 0 % tanto en el grupo 1 como en el grupo 2. Transcurridos 10 días no se obtienen más resultados de germinación, por ello se concluyó el experimento en dicho tiempo.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de *Dalbergia congestiflora*, después de cinco días, bajo diferentes tratamientos pre germinativos.

Tratamiento (Junio 2014)	**Día 1-2**		**Día 3-5**		**Día 4**		**Día 5**	
	% de germinación							
Grupos	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
A	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
B	**70 %**	**10 %**	**90 %**	**40 %**	**90 %**	**40 %**	**90 %**	**40 %**
C	**70 %**	**40 %**	**80 %**	**50 %**	**80 %**	**50 %**	**80 %**	**50 %**
D	**70 %**	**30 %**	**80 %**	**40 %**	**80 %**	**40 %**	**80 %**	**40 %**

Remojo en Hidróxido de potasio (KOH) 24 hrs, Tratamiento térmico (35° C – 2.5 min), Remojo en Agua corriente (24hrs) y Control.

En relación al análisis estadístico de la germinación de semillas de *Dalbergia congestiflora* (Cuadro 3), se puede observar que existe diferencia en el factor 2, es decir, en cuanto al grupo de semillas desde los dos hasta los cinco días de la germinación, ya que tanto el factor 1 (tratamiento) y la interacción de ambos no presentan diferencia significativa de acuerdo al análisis realizado.

Cuadro 3. Análisis estadístico de germinación de *D. congestiflora* con un diseño factorial 2x2.

Factor	**Gl**	**SC**	**CM**	**F**
Tratamiento	2	0.16667	0.8333	0.0.714 ns
Grupo	1	12.0000	12.00000	10. 2857*
Tratamiento - Grupo	2	0.5000	0.25000	0.2143 ns

gl: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, F: razón f calculada

Figura 8. Semillas germinadas de *Dalbergia congestiflora.*

A los 15 días del trasplante a los tubetes forestales la sobrevivencia fue de 47 %, dentro de la mezcla de Vermiculita + Turba, mientras que en la mezcla de creci root + arena no se reporta 0 % de sobrevivencia (Figura 23).

Figura 9. Plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas en vermiculita + turba.

d). Altura y Cobertura de plantas de *Dalbergia congestiflora*

Para la altura de las plantas obtenidas de *D. congestiflora*, bajo tres niveles de riego se observa en la Figura 24. La altura promedio a los 30 días en el tratamiento de 35 ml presenta el valor más alto con 4.1 cm, mientras que en el nivel de 15 ml se presentan el menor valor con 2.3 cm. Posteriormente a los 120 días en el nivel de 35 ml se obtiene 9.8 cm que se mantiene hacia el final del experimento, mientras que el nivel de 15 ml se mantiene con 5.8 cm hacia el final del mismo. El analisis estadistico demostró que a los 30 días no se observa diferencia significativa entre los niveles de riego, posteriormente de los 60 a los 210 días se observa diferencia significativa entre los niveles 15 y 35 ml, mientras que en el nivel de 55 ml no presenta diferencia con respecto a los dos niveles restantes.

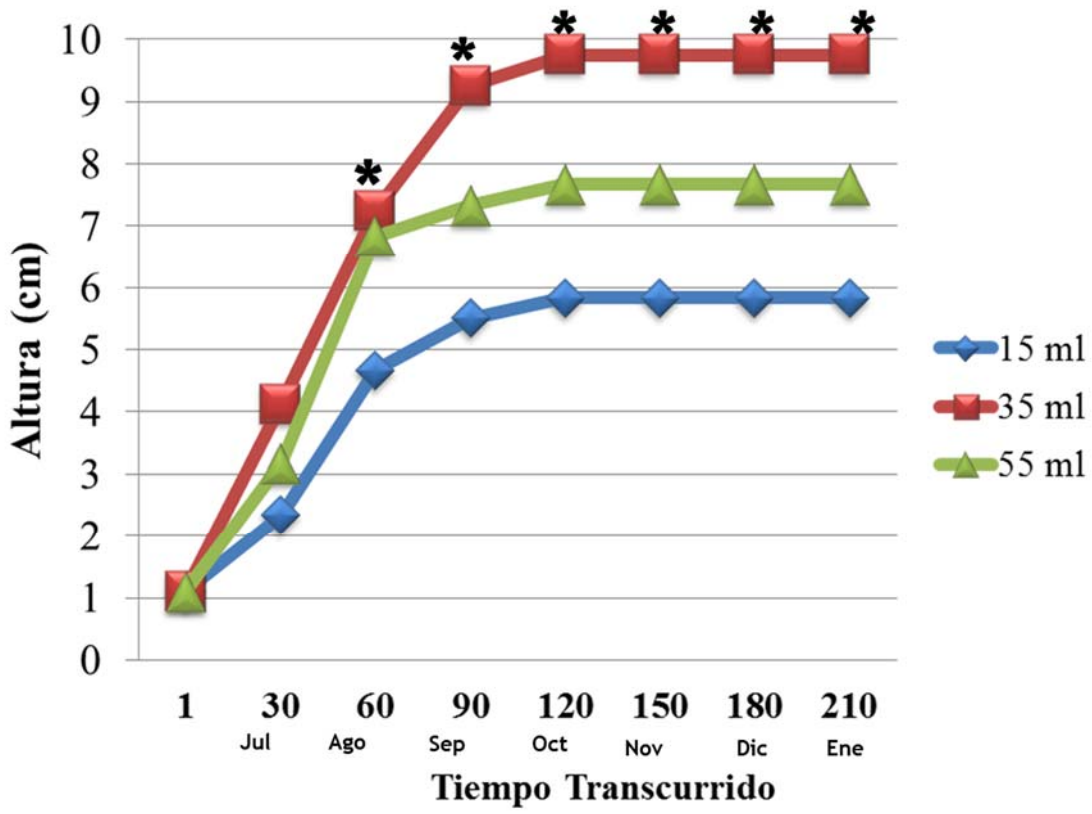

Figura 10. Altura promedio en plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento.

En cuanto a la cobertura promedio para plantas de *D. congestiflora* (Figura 25), se presenta para el nivel de 35 ml un valor de 5.8 cm, mientras que en 15 ml se observan solo 3.5 cm esto a los 30 días. A los 150 días se reportan los valores más altos con 14.1 cm en 35 ml, mientras que en 15 ml solo se obtienen 8.4 cm y en tanto el nivel de 55 ml presenta 10.8 cm, posterior a esto los valores de cobertura descienden en los tres niveles hacia el final de la captura de datos. De acuerdo al análisis estadístico a los 30 días no existe diferencia significativa entre los niveles, pero posteriormente si se observa diferencia entre los niveles de 35 ml y 15 ml desde los 60 hasta los 210 días, mientras que en 55 ml no existe diferencia significativa con 15 y 35 ml, cuyo patrón es similar a lo observado en la variable altura de la planta.

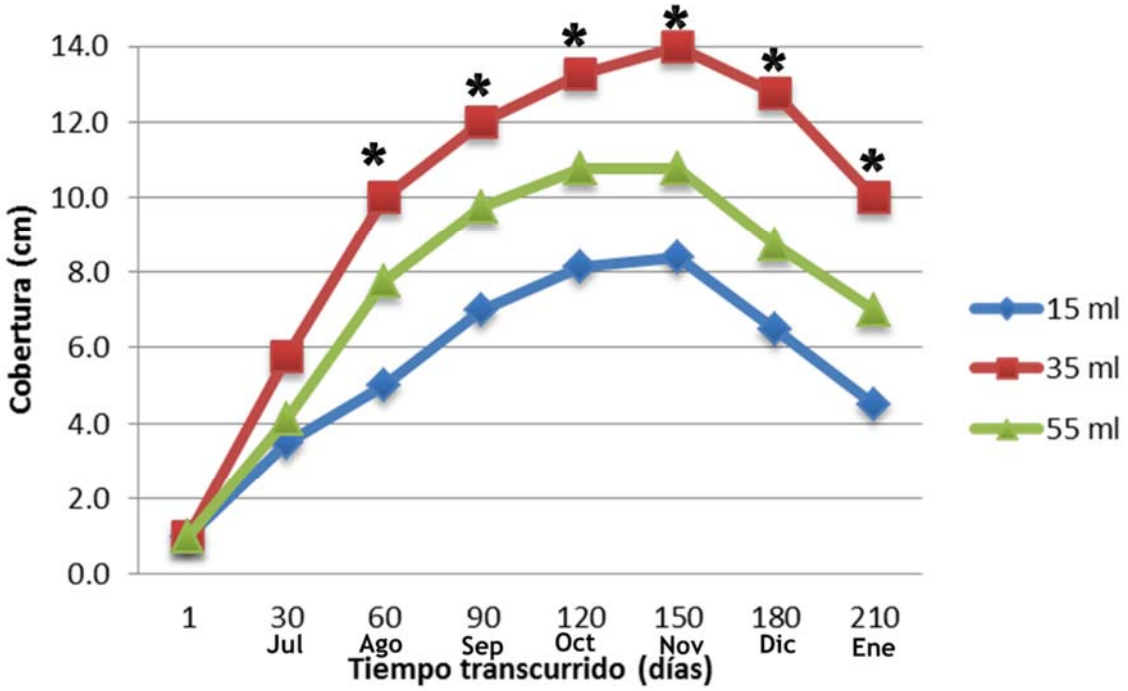

Figura 11. Cobertura promedio de plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento.

e). Crecimiento en altura relativo de plantas de *Dalbergia congestiflora*

Se obtuvo el crecimiento en altura relativo de plantas de campinceran basados en los datos reportados cada 30 días, en base a ello se reporta lo siguiente. Se observan los mayores valores en el nivel de riego de 35 ml a partir de los 30 días y hasta los 210 días, mientras que los menores valores los presenta el nivel de 15 ml a partir de los 30 días y hasta los 180 días. Posteriormente a los 210 días se reporta en los tres niveles de riego una disminución en dicha tasa de crecimiento. De acuerdo al análisis estadístico a los 30 y 60 días no se observa diferencia significativa entre ningún nivel. A partir de los 90 y hasta los 210 días se observa diferencia significativa entre los niveles de 15 y 35 ml, mientras que con 55 ml no existió diferencia en relación a 15 y 35 ml.

Cuadro 4. Crecimiento en altura relativo (cm/día) de plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento.

	Niveles de riego		
Días	**15 ml**	**35 ml**	**55 ml**
30	**0.075 a**	**0.138 a**	**0.096 a**
60	**0.067 a**	**0.121 a**	**0.098 a**
90	**0.051 b**	**0.103 a**	**0.069 ab**
120	**0.041 b**	**0.081 a**	**0.054 ab**
150	**0.033 b**	**0.065 a**	**0.043 ab**
180	**0.027 b**	**0.054 a**	**0.036 ab**
210	**0.023 b**	**0.046 a**	**0.031 ab**
	Altura promedio cm/t		

f). Eficiencia en el uso relativo del agua

Con relación a la eficiencia en el uso del agua (eua= cm/ml gastados) de plantas de *D. congestiflora* se reporta lo siguiente transcurridos 210 días. Observando en el cuadro 11 que en el nivel de riego de 15 ml se presentan los valores más altos con respecto a los otros tratamientos, mientras que para el nivel de 35 ml se reportan los valores más bajos, también se puede observar que los valores se mantienen de los 30 hasta los 90 días en los tres tratamientos, posteriormente a los 120 días los valores disminuyen y se mantienen hasta los 210 días. En análisis estadístico mostró diferencia significativa desde los 30 días hasta el final del experimento en el nivel de riego de 15 ml en relación a 55 ml. Además se observo que a partir de los 120 hasta los 210 días los tratamientos difieren significativamente entre sí.

Cuadro 11. Eficiencia en el uso relativo del agua (cm/ml) de plantas de *Dalbergia congestiflora* crecidas bajo tres regímenes de riego después de 210 días de crecimiento.

	Niveles de riego		
Días	15 ml	35 ml	55 ml
30	0.0188 **a**	0.0147 **a**	0.0065 **b**
60	0.0167 **a**	0.0129 **ab**	0.0067 **b**
90	0.0153 **a**	0.0110 **a**	0.0047 **b**
120	0.0122 **a**	0.0087 **b**	0.0037 **c**
150	0.0097 **a**	0.0070 **b**	0.0030 **c**
180	0.0081 **a**	0.0058 **b**	0.0025 **c**
210	0.0069 **a**	0.0050 **b**	0.0021 **c**
	Altura promedio cm/t		

9.-Discusión

a). Características macroscópicas de frutos y semillas de *Dalbergia congestiflora*

En México se ha propuesto que existen 27 especies del género *Dalbergia*, de las cuales se desconoce casi en su totalidad aspectos relacionados con las características de las semillas y su germinación. Los resultados mostraron una variación en cuanto al color de los frutos de *Dalbergia congestiflora*, esto es, sámaras de color café claro y de café oscuro. No existen estudios acerca de la descripción de las características macroscópicas del fruto de *D. congestiflora*, específicamente el color de la sámara al madurar. En el género *Dalbergia* la coloración de los frutos al madurar se desconoce en la mayoría de las especies y en las que se tiene referencia va desde verde oliváceo en *D. longenpedunculata*, negro en *D. granadillo*, café claro en *D. rhachiflexa, D. ruddae, D. sissoo* y *D. tucurensis* (Knoblauch, 2001: Altaf y Matin, 2007; Linares y Sousa 2007) tal como se observó en *D. congestiflora* y café brillante en *D. nigra* (Braz *et al*., 2009).

Todos los frutos presentaron una sola semilla y éstas presentaron un color beige claro y otras un café oscuro, además se pudo observar un menor tamaño en dicho grupo. Las características de las semillas de *D. congestiflora* no han sido reportadas, no obstante presenta similitud con las semillas de *D. nigra* en la que se ha observado semillas de color café oscuro (Donadio y Demattê, 2000) y presenta diferencia con *D. cearensis* que presenta semilla de color café claro (Barboza-Nogueira *et al*., 2010) y con *D. sissoo* que presenta semillas color marrón rojizo y marrón oscuro (Altaf y Matin, 2007).

Existen estudios relacionados con la descripción de semillas en otras especies (Carreras *et al.,* 2001; Scandaliaris *et al.,* 2005), quienes observaron las semillas de *Desmodium incanum* y *Crotalaria incana* la presencia de una coloración marrón oscuro, que se asemeja al obtenido en un grupo de semillas de campincerán.

De acuerdo a los resultados en *D. congestiflora*, es importante destacar que podría existir una relación entre el color marrón o café de los frutos en esta especie, lo cual puede indicar que lo más indispensable es colectar los frutos antes de tener coloraciones con un café más

oscuro, con el fin de obtener un buen porcentaje de germinación, además de que el color oscuro en la mayoría de las especies puede ser considerado como un estado de madurez alta en los frutos.

b). Germinación de semillas de *Dalbergia congestiflora*

La germinación es un proceso que consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento del embrión de una semilla (Bidwell, 1990).

En cuanto al potencial germinativo de *D. congestiflora,* se obtuvo–a los tres días un porcentaje de 70 % y a los 5 días un porcentaje final de 90 %. De acuerdo a lo anterior, García y Di Stefano (2000) para semillas de *D. retusa*, reportan un potencial germinativo de 86.3 % a los 5 días de iniciado el estudio, lo cual no coincide con lo obtenido en la presente investigación con *D. congestiflora*, logrando un 90 % en un grupo de semillas a los 5 días del cultivo. El hecho de obtener un mayor porcentaje en las semillas del campincerán, probablemente se deba a la diferencia entre las especies, ya que aunque pertenezcan al mismo género, pueden existir variaciones entre las mismas especies, por lo que los porcentajes difieren, aunque es importante señalar que la variación no es alta.

En el caso de *D. sissoo,* Altaf y Matin (2007) obtienen un potencial germinativo de 14 % a los 9 días y de 68 % a los 14 días. Lo anterior está por debajo de los datos obtenidos en campincerán, con 70 % a los tres días y 90 a los cinco días, indicativo, de que las semillas de campincerán muestran un potencial germinativo mucho mayor al de *D. sissoo*. La diferencia entre estas especies podría estar relacionada en cuanto a las semillas, ya que en *D. sissoo* se presentan en mayor número (3), que en campincerán (1), lo cual podría estar afectando su potencial al tener un mayor gasto energético en la producción de dichos frutos y por consecuencia reducir su potencial individualmente.

Para esta misma especie, Matin y colaboradores (2006) reportan su potencial en semillas con y sin cubierta, encontrando un mayor potencial (68 %) a los 10 días en semillas cubiertas, mientras que en semillas sin cubierta, obtienen un 65 %, pero a los 3 días. Estos

resultados son menores en relación a lo obtenido en campincerán, debido quizás a la presencia de la cubierta en las semillas, por lo que tardan más tiempo en germinar, ya que en *D.* sissoo pudo presentarse cierta latencia en las semillas, por lo que presenta porcentajes bajos en ambas condiciones. Respecto a esto, Barnett (1972) menciona que las cubiertas en las semillas pueden apoyar una germinación más lenta, para prevenir la hinchazón y limitar la absorción de agua en semillas con latencia.

Knoblauch (2001) reporta para granadillo (*D. tucurensis*), su potencial germinativo obteniendo un porcentaje de 40 % a los tres días a la sombra y al sol, y posteriormente a los 5 días obtiene 61 % a la sombra y 92 % al sol, cuando las semillas fueron sembradas sin su cubierta o vaina en ambos casos. Estos resultados no coinciden con los obtenido en el presente estudio, ya que son inferiores al ensayo con campincerán a los tres días en un 30 %, sin embargo, los resultados de campincerán a los 5 días son inferiores con lo reportado en semillas de granadillo germinadas bajo el sol con un 92 % en semillas sin cubierta, mientras que en nuestro trabajo las semillas alcanzaron un 90 % pero germinadas en sombra debido a los regímenes de riego establecidos.

Las diferencias en el potencial podrían deberse a las condiciones en que se realizaron ambos estudios, debido a que en semillas de *D. congestiflora* solo se realizó a la sombra y no existen estudios en condiciones de sol, mientras que en granadillo se expusieron al sol, lo cual podría ser un factor para un mayor potencial germinativo, esto debido a las zonas en las que se les encuentra, pues las temperaturas suelen ser altas.

El potencial germinativo en *D. congestiflora* puede considerarse como alto en base a los porcentajes obtenidos y por el tiempo de germinación de las semillas, sin embargo, ecológicamente podría ser una desventaja, debido a la falta de latencia que presenta esta especie, además de la presencia de la cubierta, la cual podría estar reduciendo la regeneración de la especie en su estado natural.

Por otro lado, es importante mencionar que los tratamientos pre-germinativos en las semillas tiene como objetivo la supervivencia y germinación de las mismas, después de su siembra (Willan, 1990).

Por lo anterior, se han utilizado diferentes tratamientos en semillas pertenecientes al género *Dalbergia*, tal es el caso de lo reportado por García y Di Stefano (2000), ellos utilizaron tratamientos térmicos en la germinación de *D. retusa*, obteniendo mayores porcentajes (85.6 %) a 30 ° C.

Para *D. congestiflora e*l tratamiento pre-germinativo que presentó un mayor porcentaje de germinación fue el térmico (35° C por 5 minutos) con 90 %, por el contrario el tratamiento que disminuyó o inhibió la germinación fue el alcalino con 0 %.

Esto corrobora lo establecido en las investigaciones de Vázquez-Yanes (1974,1987) que determinan que las especies que crecen en áreas con mucha exposición al sol, tienen mayores porcentajes de geminación cuando la temperatura es alta y se inhibe si es baja

Sin embargo, Jiménez (1999) menciona que el hecho de que la germinación sea mayor entre 25 y 35° C, le puede conferir una de ventajas competitivas, que garantiza la supervivencia en los bosques secos, donde es común encontrarla. Desafortunadamente esta adaptación posiblemente la restrinja a no poder distribuirse en otras zonas de vida con temperaturas menores. De acuerdo a los resultados, debe de considerarse que no es una ventaja para esta procedencia, debido a que podrían presentarse lluvias espontáneas y permitir la germinación de las semillas, para posteriormente ya no existir las condiciones adecuadas para el desarrollo de las mismas.

No en todos los tratamientos se utilizan químicos o estratificaciones, también se pueden desarrollar dichos tratamientos en base a la extracción o no de las semillas del fruto y su exposición al sol y a la sombra, como en lo reportado para *D. tucurensis* por Knoblauch (2001) quien obtiene un 92 % de germinación en semillas extraídas y a la sombra, lo cual coincide con campincerán, pues las semillas fueron extraídas en todos los tratamientos. En base a lo anterior podemos considerar que la extracción de las semillas en particular en este

género, tiene un efecto positivo en la germinación, pues de acuerdo a lo expuesto en *D. tucurensis,* las semillas sembradas con vaina fueron las que presentaron los porcentajes menores, por ello es de suponerse que ecológicamente, la presencia o ausencia de la vaina puede afectar la posible latencia de la especie y por consiguiente su regeneración natural.

Se han realizado algunos otros estudios de especies con sámaras a las cuales se les aplicaron tratamientos pre-germinativos, tal es el caso de lo reportado por Arnal y colaboradores (2013), quienes reportan para *Fraxinus excelsior* su germinación en base a diversos tratamientos. Obteniendo el mejor en una procedencia con 45 % de germinación (remoción mecánica del ala, sin fungicida). En las semillas de campincerán el mejor tratamiento fue el térmico. Las diferencias respecto a *Fraxinus,* pudieran ser dadas por la variación de los tratamientos, ya que éstos pueden afectar o no los porcentajes de determinada especie, puesto que no todas las semillas responden de igual manera a ciertos tratamientos, además de la aplicación de un fungicida y el retirar o no el ala en las semillas.

En base a lo anterior, se sugiere realizar más estudios con tratamientos térmicos para especies pertenecientes al género, con el propósito de aumentar paulatinamente la temperatura de un rango de 30 a 40 ° C para determinar su nivel óptimo de germinación.

c). Relación en el color del fruto y semilla en la germinación de *Dalbergia congestiflora*

Es común en varios frutos que la desaparición del color verde, conduce un buen índice de su grado de madurez, dicha madurez está relacionada con las semillas y su germinación. (Montgomery, 1990).

En las semillas de *D. congestiflora* se obtuvo una relación en cuanto al color y la germinación de las mismas, esto debido a que en semillas de color más claro se obtuvo un mayor porcentaje de germinación en relación a semillas de una coloración más oscura.

En relación a lo anterior, Tenorio-Galindo y colaboradores (2008) para *Cecropia obtusifolia*, obtienen casi el doble en germinación de semillas de color oscuro a menor temperatura (25/20°C) y en semillas de color café claro obtienen mejores resultados a mayor temperatura (30/25°C). Dichos resultados coinciden con lo obtenido en el presente trabajo, donde las semillas café claro germinaron más, mientras que las de color oscuro obtuvieron menores porcentajes de germinación.

Lo anterior puede implicar mejores aptitudes de la especie para germinar a diferentes temperaturas; es decir, podría ser una estrategia adaptativa ante los cambios de temperatura, en primer lugar porque la especie está expuesta a radiación solar directa. Además, los colores oscuros absorben más radiación y se calientan más las semillas. Entonces se supone que en presencia de luz y a temperaturas menores (dentro del rango de germinación de temperatura para las semillas de la especie), las semillas oscuras tenderán a presentar una mayor germinación, y las claras una menor. Con temperaturas altas, las semillas oscuras o negras germinan poco debido a los pigmentos; mientras que las semillas café claro, además de tener menos pigmentos, absorben menos calor, por lo tanto se pueden mantener a una temperatura más cercana a la óptima.

Visweshara y Raju (1972) señalan que la germinación y la velocidad de la misma, se incrementan significativamente conforme aumenta la madurez del fruto y se presenta un cambio en su coloración.

Estos resultados indican que el color de los frutos está muy relacionado con la germinación, ya que en el fruto se pueden presentar diferencias en su coloración y la germinación, pudiendo variar en base a dichos colores, aumentando o disminuyendo, dependiendo de la época o etapa en que se colecten los frutos. Por ello es importante realizar estudios para *D. congestiflora* acerca de sus distintos grados de madurez, con el propósito de determinar la época de colecta adecuada en esta especie, para el desarrollo de una estrategia más exitosa de propagación de campincerán.

d). Altura, cobertura, crecimiento en altura relativo y eficiencia en el uso de agua relativa en plantas de *Dalbergia congestiflora*

La altura es un parámetro que se ha utilizado por mucho tiempo como un indicador de la calidad de las plantas, aunque se considera insuficiente y es conveniente relacionarlo con otros criterios para que refleje su utilidad real, es fácil de medir pero no es muy informativa por sí sola (Mexal y Landis, 1990)

La mayor altura promedio de las plantas de *D. congestiflora* se observó en el nivel de 35 ml a los 120 días con 9.8 cm que se mantiene hacia el final del experimento, mientras que el nivel de 15 ml se presenta como el más bajo con 4.9 cm hacia el final del mismo.

Lo anterior no coincide con lo reportado por Ovando y Treviño (2008), quienes estudian semillas de *Dioon edule*. Dichos autores reportan una altura entre 8.7 y 17.1 cm transcurridos 75 días. Lo cual es superior a lo reportado en el presente trabajo para los tres niveles de riego donde se reporta el mayor valor como 9.8 cm.

Es bien conocido que el crecimiento está influenciado por las condiciones ambientales, por ejemplo las plantas crecen más rápido cuando disponen de abundancia de agua y nutrientes; pero las tasas de crecimiento tienen también un importante componente genético. La tasa de crecimiento resultante del genotipo y del ambiente tiene consecuencias ecológicas en cuanto a la regeneración natural de las poblaciones y la dinámica de las comunidades, así como implicaciones evolutivas (Villar *et al.,* 2008).

El crecimiento se define como el incremento de biomasa por unidad de biomasa y tiempo. Durante los primeros estadios de una planta, el crecimiento suele tener una dinámica exponencial y suele reflejar diferencias significativas entre especies (Antúnez *et al*., 2001).

Para el crecimiento en altura relativo, se reporta el mayor valor (0.138 cm/día) en el nivel de riego de 35 ml a partir de los 30 días, mientras que los menores valores los presenta el nivel de 15 ml. Estos valores se mantiene transcurridos 180 días en los tres niveles, posteriormente a los 210 días se reporta una disminución en dicho crecimiento.

Si bien no se reportan estudios acerca del crecimiento en altura relativo en campincerán, existen trabajos acerca de esta variable en su mayoría en especies leñosas, tal es el caso de Ovando y Treviño (2008) obtienen valores de crecimiento en semilla de chamal (*Dioon edule*), dichos autores reportan crecimiento de 2.7 cm mensuales para esta especie, lo cual se encuentra por debajo a lo obtenido en campincerán (8.7 cm).

También se evaluó el crecimiento en plantas de plátano enano (Aristizábal, 2008), donde reporta dicho parámetro transcurridos 15 meses para esta especie, con un promedio de 13.8 cm mensuales, lo cual es superior en relación al presente estudio con 8.25 cm mensuales, cabe mencionar que el tiempo de evaluación en el campincerán fue solamente de siete meses, motivo por el cual podría ser que los resultados fueran más bajos.

Dentro de la eficiencia en el uso relativo del agua se reporta que en el nivel de riego de 15 ml, se presentan los valores más altos con respecto a los dos niveles restantes, mientras que para el nivel de 35 ml, se reportan los valores más bajos.

Son muy comunes las situaciones de déficit de agua dentro del desarrollo de las plantas, esto debido principalmente a que la disponibilidad hídrica es un factor limitante del crecimiento vegetal. Hasta donde se conoce los estudios acerca del uso efectivo del agua son pocos, además de estar relacionados con otras cuestiones, tales como los sistemas agrícolas (Olalde *et al.,* 2000), además de que la poca información acerca de sistemas forestales se ha estimado a partir de la relación entre la asimilación del CO_2 y la evapotranspiración, es decir, los estudios existentes sobre el déficit hídrico no cuantifican la cantidad de agua gastada (Teixeira *et al.,* 1995).

En un trabajo realizado en *Ulmus minor* por López-Almanza (2009), este autor reporta que el uso de bajas inundaciones o riegos pueden ser positivos para la germinación de semillas de olmo, obteniendo hasta un 71.4 % de germinación, estos resultados no coinciden con el presente trabajo ya que se obtienen mayores valores en cuanto al uso efectivo del agua relativo en *D. congestiflora* en el nivel de riego de 15 ml, es decir, cuando las plantas son regadas en menor proporción y a la sombra. Las diferencias se podrían presentar debido a que los requerimientos entre especies pueden ser variables, puesto que se ha observado que las plantas de campincerán no requieren de grandes cantidades de agua para su germinación, mientras que en *Ulmus*¸ se reporta mayor porcentaje de agua para obtener buenos porcentajes de germinación.

Estos resultados tampoco concuerdan con lo especificado por algunos autores (Krammer y Kozlowsky, 1979; Benech-Arnold y Sánchez, 2004), pues mencionan que la disponibilidad de agua de las semillas es un factor clave para su germinación, además de ser una norma general en la mayoría de las espermatofitas. Cabe señalar que la baja germinación y regeneración natural de campincerán, podría estar asociado a la falta de agua para las plantas y semillas, así como las altas temperaturas que predominan en la región, esto basado en que las pocas lluvias que se producen en la zona, son aprovechadas por las semillas y posteriormente se presentan periodos largos de sequías, por lo que al no tener mayor disposición de agua, las plantas no pueden continuar con su desarrollo.

e). Conclusión

El tamaño y el color de las semillas de *Dalbergia congestiflora* afectó la germinación de las mismas, mientras que los tratamientos pre-germinativos no afectaron dicha germinación.

A mayor disponibilidad de agua el crecimiento de las plantas de *Dalbergia congestiflora* disminuyo.

f). Recomendaciones

Para trabajos posteriores sería recomendable relacionar el color y tamaño de semillas de *Dalbergia congestiflora* con su crecimiento tanto en vivero como en campo.

Otro aspecto importante a considerarse podría ser el evaluar el impacto en la regeneración natural en semillas sin latencia, como es el caso del campincerán.

Determinar la condición optima en cuanto a disponibilidad de agua

10. Bibliografía

Allen, O. N. y Allen E. K. 1981. The leguminosae: a source book of characteristics, use and nodulation. Madison, WI: University of Wisconsin Press. 812 pp

Altaf, H. S. y Matin, A. M. 2007. Seed Morphology and Germination Studies of *Dalbergia sissoo* Roxb. At Nursery Stage in Bangladesh Res. J. Agric. & Biol. Sci., 3(1): 35-39.

Antúnez, I., E. C. Retamosa, y R. Villar. 2001. Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. Oecologia **128**:172-180.

Aristizábal, L. M. 2008. Evaluación del crecimiento y desarrollo foliar del plátano hondureño enano (*musa* aab) en una región Cafetera Colombiana. agron. 16 (2): 23 - 30, 2008

Arnal Olivares, A., Tomás Ferré, E., Blanco Ortiz, R. y Pemán García, J. 2013. Estudio de germinación de *Fraxinus excelsior* en condiciones controladas. 6to Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Pp 11.

Barboza-Nogueira, F. C. Medeiros F. S. y Gallão, M. I. 2010. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de Dalbergia cearensis Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. Acta bot. bras. 24(4): 978-985 pp.

Barnett, H. L. y Hunter B. B. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Sant Paul Minnesota, USA. 241 pp.

Barragan B. E., Monrroy S, J. Peralta C. (1984) Obtención y Purificación de los colorantes presentes en la madera de campinceran (*Dalbergia congestiflora)* Ciencia y Tecnología de la Madera.

Benech-Arnold, R.L.; Sánchez, R.A. (eds.); 2004. Handbook of seed physiology. Food Products Press. 480 pp. New York.

Bidwell, R. G. 1990. Fisiología Vegetal. AGT Editor, S. A. México D. F. 784 pp.

Braz, M. S. S. Souza, V. C. Andrade, L. A. Bruno, R. L. A. Oliveira, L.S.B. y Silva, J. M. 2009. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de jacarandá-da-bahia (Dalbergia nigra (Vell.) Fr. All.ex. Benth) Leguminosae-Papilionoideae. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 4: 67-71.

Carpio, I. 1992. Maderas de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José. 338 p.

Carreras, M. E. Pascualides A. L. y Planchuelo A. M. 2001. Comportamiento germinativo de las semillas de *Crotalaria incana* L. (Leguminosae) en relación a la permeabilidad de la cubierta seminal. *AgriScientia* 18: 45-50.

De la Paz, C. P. O. 1993. Anatomía de la madera de ocho especies con importancia en las artesanías del Estado de Michoacán. Acta Botánica Mexicana, 23:103-136.

Donadio Marson, N. M. y Demattê Payao S. E. M. 2000. MORFOLOGIA DE FRUTOS, SEMENTES E PLÂNTULAS DE CANAFÍSTULA (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) E JACARANDÁ-DA-BAHIA (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth.) – FABACEAE. *Revista Brasileira de* Sementes, vol. 22, nº 1, p.64-73.

García, E. G. y Di Stefano, J. F. 2000. Temperatura y germinación de las semillas de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae), árbol en peligro de extinción. Revista de Biología Tropical 2000 Vol. 48 No. 1 pp. 43-45

Geilfus, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor. Manual de Agroforestería para el desarrollo Rural 2. Guía de Especies. Enda-Caribe/CATIE. Editorial Santo Domingo. 778 p.

Guridi-Gómez, L.I. 1996. Caracterización macroscópica de cuatro especies tropicales mexicanas: Campincerán *(Dalbergia congestiflora* Pittier), Granadillo o Zangalicua (D. *granadillo* Pittier), Palo escrito (D. *palo–escrito* Rzedowski–Guridi) y Granadillo *(Platymiscium lasiocarpum* Sandw.). Ciencia y Tecnología de la Madera. Morelia, México. 8: 3–14.

Hernández-García, A. 2014. Propagación *in vitro* de *Dalbergia congestiflora* (CAMPINCERÁN) a partir de estacas cultivadas en invernadero. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería en tecnología de la madera. División de estudios de Posgrado. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. 72 pp.

Holdridge, L, Poveda, L. y Jiménez, Q. 1997. Árboles de Costa Rica. Vol. I. San José, CR, Centro Científico Tropical. 522 p.

ILDS: International Legume Database & Information Service, consultado 15/12/2014. http://www.ildis.org/LegumeWeb

Jiménez, Q. 1999. Arboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad, Heredia, Costa Rica. 187 p.

Knoblauch B. 2001. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del Granadillo *(Dalbergia tucurensis* ID. Smith) en bosques latifoliados de Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 44 p.

Krammer, P. J. y Kozlowsky, T. T. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press. 811 pp. New York.

Linares, J. y Sousa M. S. 2007. Nuevas especies de Dalbergia (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica. Ceiba, Honduras. Volumen 48(1-2):61-82.

López Almansa. J. C. 2009. Factores ecológicos relacionados con la germinación de la semilla en *Ulmus minor*. 5to Congreso Forestal Español. Sociedad Forestal Española. p 13.

López Ovando, A. y Treviño Garza E. J. 2008. Producción por semilla de chamal (*Dioon edule*). Ra Ximhai. Vol 4. No 1. 45-55 pp.

Mabberley, D. J., 1987. The Plant Book. Cambridge University Press. 707 pp.

Martínez-Sotres C, López-Albarrán P, Cruz-de-León J, García-Moreno T, Rutiaga-Quiñones JG, Vázquez-Marrufo G, Tamariz-Mascarúa J, Herrera-Bucio R. (2012). Medicarpin, an antifungal compound identified in hexane extract of Dalbergia congestiflora Pittier heartwood. International Biodeterioration & Biodegradation 69, 38-40.

Matin, M.A., Islam, M.S. y Azad, M.S. 2006. Seed germination, seedling growth and rooting of branch cuttings of *Dalbergia sissoo* roxb. *Khulna University Studies*, Special Issue (1st Research Cell Conference): 83-87.

Mcvaugh, R. (1987). Flora Novo-Galiciana. Vol 5 Leguminosae. The University of Michigan Press- Ann Arbor. 786 pp.

Mexal, J. G. y Landis T. D. 1990. Target seedling concepts: height and diameter. In: Target seedlings symposium. Gen. Tech. Rep. USDA Forests. 13:105-119.

Olalde, M. Herrán A, Espinel S y Goicoechea P. 2002. White oaks phylogeography in the Iberian Península. Forest Ecology and Management 156: 89-102.

Ovando, L. A. y Treviño G. E. J. 2008. Reproducción por semilla del chamal (*Dioon edule* Lindley). Ra Ximhai. Vol 4. Número 1. 45-55 pp.

Puri S. y R. Nagpal. 1988. Effects of auxins on air-layers of some agro-forestry species. Indian Journal of Forestry 11(1):28-32.

Rodríguez, N.H. 2001. Plantas plaguicidas en Costa Rica. Universidad Nacional, Costa Rica. 154 p.

Rzedowski, J. y Rzedowski, G. C. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2da. Ed. Instituto de Ecología A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, (Michoacán). 1406 pp.

Sánchez Obando, G. V. 2001. Práctica de acodado aéreo en cinco especies forestales del bosque húmedo tropical. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. 2001 .58 p.

Santana, M. R. A. 2001. Productos derivados de la fibra y la madera de bosques secundarios utilizados para la elaboración de artesanías en el mercado de Masaya, Nicaragua. Tesis de Maestría. CATIE, Turrialba. Costa Rica. 92 p.

Scandaliaris M, Molinelli, M. L. R. J. Lovey, P. Perissé, V. M. Perez**.** 2005. Caracterización morfoanatómica de fruto, semilla y plántula de *Desmodium incanum* DC. (Fabaceae: Faboideae: Desmodieae). *Arnaldoa* 20 (1): 45 - 58, 2013.

Silva, H. y Acevedo. E. 1995. Eficiencia en el uso del agua en diez taxa de *Opuntia* introducidas en la región árida mediterránea de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 68: 271-282.

Teixeira, P. C., Lelis leal, N. F. Barros y R. Ferreira. 1995. Nutrición potásica y relaciones hídricas en las plantas de *Eucalyptus* spp. Bosques. 16 (1): 61-68.

Téllez-Díaz, Y. A. 2010. Solubilización y Estabilidad de las Microemulsiones del colorante natural Neocadenatona. Tesis de Maestría. Escuela nacional de ciencias biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México. D. F. 182 pp.

Tenorio-Galindo, G., Rodríguez Trejo, D. A. y López Ríos. G. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). Agrociencia. 42: 585-593.

UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2011-08-12.
Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2015-1-15.
Disponible en:
<http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:OAX571634>

Valverde, L. y Alvarado, L. 2003. Organogénesis *in vitro* de *Dalbergia retusa* (Papilionaceae). Rev. Biol. Trop. 52: 41-46.

Vázquez-Yanes, C. 1974. Studies on the germination of seeds of Ochroma lagopus Swartz. Turrialba 24: 176- 179.

Vázquez-Yanes, C. 1987. Fisiología ecológica de semillas en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. Rev. Biol. Trop. 35:85-96.

Villar, R., Ruiz-Robleto J, Quero J. L, Poorter, H. Valladares, F. y Maranon. T. 2008. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante (Segunda edición*)*. Páginas 193-230. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 978-84-8014-738-5.

Visweshwara, S. y Raju, K. S. K. 1972. Seed germination in coffee. Indian Coffee. 36 (Aug-Sept): 278-290.

Willan, R. L. 1990. Pre tratamiento en semillas. Danina forest Seed Centre. Humlebaek, Denmark. Lecture note c-10. 19 p.

V. LITERATURA GENERAL

Arriaga, V. Cervantes, V. y Vargas-Mena, A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas. Secretaria de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. 186 pp.

Baldini, E. 1992. Arboricultura general. Edit. Mundi Prensa. España.

Boutherin, D. y Bron G. 2004. Reproducción de plantas hortícolas. Ediciones Omega. Primera edición. Guías de Naturalistas-Hortícolas. 285 pp.

Bradford, K. J, Nonogaky, H. 2007. Seed development, dormancy and germination. Blackwell publishing, oxford, UK, 307 pp.

Cuculiza, P. 1956. Propagación de plantas; P. L. Villanueva s.a; Lima, Perú. 289 p.

Cuevas, A.B. 2005. El papel de los bosques en el Protocolo de Kyoto: el caso del manejo forestal de Nueva Zelanda y México, México y la cuenca del pacífico. 8(24): 62-73.

Díaz, E. 1991. Técnicas de enraizado de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. y *Gmelina arbórea* L. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Costa Rica. 111 p.

Díaz, G. M. Harold. 2010. TÉCNICAS DE PROPAGACIÓN POR ESTACAS. Tesis Ing. Agro. Universidad Nacional de Ucayali, Perú. 189 pp.

Donoso, C. 1993. Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 483 pp.

Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales. Vol 31. No 1, p, 74-85.

FAO, 1991. [Estudio FAO Montes 20/2] 502 p. ISBN 92-5-302291-4 [Consultado: 22/ 11/2014] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/AD232S/ ad232s00.htm>.

Gerding, V, R. Grez, G. V. Rondanelli. 1994. "Descomposición de corteza de árboles nativos para la formación de sustratos para el cultivo de plantas", Bosque 15(2): 11-18.

González, K. V. 1995. Tipos de envases en viveros forestales. *In*: Viveros forestales. Publicación especial No. 3. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP-SAGARPA. México, D. F. pp. 26-36.

Hartman, H. T, y Kester, D. E. 1985. Propagación de Plantas: principios y prácticas. C.E.C.S.A. Quinta Reimpresión. México. D. F. México. 795 p.

Hartman, H. T, y Kester, D. E. 1995. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 4ª ed. Continental. México. 760p.

Hartman, H. T. y Kester, D. E. 1988. Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. por Antonio Marino. 2 ed. México, D. F., CECSA. 760 p.

Hartmann, H. T, y Kester D. E. 1999. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. Traducción al Español por Antonio Marino. 7a reimpresión, Ed. CECSA. México D. F., México. pp: 219-363.

Jiménez-Sierra, C. L. 2010**.** La sexualidad en las plantas. Revista digital universitaria. Vol. 11. No. 8. ISSN: 1067-6079.

Jones, H. G. 2004. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. Journal of Experimental Botany, v.55, p.2427-2436.

Leyva, R. F, Rosell P. R. Ramírez R. A. y Romero R. I. 2008. Manejo de endurecimiento por riego para elevar la calidad de las plantas de *Eucalyptus* sp. cultivadas en vivero de la Unidad Silvícola Campechuela. Universidad de Granma. Central del Batey. Campechuela. Granma. Cuba. 14 p.

Martín, B. y Quillet G. 1974. Bouturage des arbres forestiers au Congo: résultats des essais effectués à Pointe-Noire de 1969 à 1973. CTFT Congo, Internal document, 25 p.

Medrano, H. Bota, J. Cifre, J. Flexas, J. Ribas-Carbó M. y Gulías, J. 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Investigaciones Geográficas, nº 43. pp. 63-84.

Moreno-Sanz, M. 2003. La colonización de la tierra por las plantas. Monograf.Jard.Bot. Córdoba. 11: 11-27.

Patiño, F.; de la Garza, P. Villagómez, Y. Talavera, I. y Camacho, F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 pp.

Peate, N. 1989. "Media for cutting propagation", The International Plant Propagators Society. Washington, U.S.A., 39: 71-76.

Richey, M. 1985. "Importance of proper aeration in Softwood cutting propagation media", The International Plant Propagators Society. Washington, U.S.A., 35: 600-603.

Rodríguez, T. D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.

Rojas, S, Garcia. y J. Alarcon M. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Ed. Produmedios. Colombia. 56 p.

Ruiz García, R, J. J. Vargas H, V. M. Cetina A, y Á. Villegas M. 2005. Efecto del ácido indolbutírico (aib) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 (4): 319 – 326.

Russo. V. M, Bruton V. D. y Sams C. E. 2010. Classification of temperature response in germination of Brassicas. Industrial Crops and products 31, 48-51

Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerógama de México. Bosque mesófilo de montaña. Limusa. México, D.F, México. 432 p.

Sánchez O. 2002. Micropropagación de algunas leñosas nativas. Editorial Trama. Universidad de Concepción de Chile. 56 p.

Sánchez-Garfias, B. Ibarra M. G. y González-García, L. 1991. Manual de identificación de frutos y semillas anemócoros de árboles y lianas de la estación Los Tuxtlas, Veracruz México. México: Universidad Autónoma de México.

Suárez, D. y Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. Capítulo 1, pp. 13-24. En: Melgarejo, L. M. (Ed.). Experimentos en fisiología vegetal. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 277 pp.

Sutton, W.R.J. 1999. Does the world need planted forests? New Zealand J. For., 44:24-29.

Varela, S. A. y Arana V. 2011. Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pre-germinativos. Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados" Área Forestal - INTA EEA Bariloche. Cuadernillo N° 3. 10 pp.

Vastey, J. D. 1962. Estudios sobre propagación de especies forestales por estacas. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA. 67 pp

Vázquez-Yanes, C. 1987. Fisiología ecológica de semillas en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. Rev. Biol. Trop. 35:85-96.

Visweshwara, S. y Raju, K. S. K. 1972. Seed germination in coffee. Indian Coffee. 36 (Aug-Sept): 278-290.

Weaver, R. J. 1990. Reguladores de crecimiento de las plantas de la agricultura. Trillas, México. P: 19-39; 81, 113-155.