



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

**PROPAGACIÓN DE CUERAMO (*Cordia elaeagnoides*)
Y PINZAN (*Pithecellobium dulce*), ESPECIES DE
INTERÉS AGROFORESTAL**

Tesis que presenta:

MVZ: Carlos Alberto Villalba Sánchez

**Como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias
Biológicas**

**Asesor: Doctor en Ciencias (Biología)
Alejandro Martínez Palacios**

**Co-Asesora Doctora en Microbiología Bacteriana
Ernestina Gutiérrez Vázquez**

Morelia, Michoacán, Junio de 2014



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

**PROPAGACIÓN DE CUERAMO (*Cordia elaeagnoides*)
Y PINZAN (*Pithecellobium dulce*), ESPECIES DE
INTERÉS AGROFORESTAL**

Tesis que presenta:

MVZ. Carlos Alberto Villalba Sánchez

**Como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias
Biológicas**

Director de Tesis: Alejandro Martínez Palacios

Asesores:

Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez

Dr. Luis López Pérez

Dr. Aureliano Juárez Caratachea

Dr. José Bernardino Castillo Caamal

Morelia, Michoacán, Junio de 2014

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios, por la vida y por todas y cada una de las bendiciones que me ha dado, por darme las diferentes aptitudes para poder realizar este trabajo, por tocar mi mente y mi corazón para transformar mi pensar, mi sentir y mi vivir. Quiero agradecer a mi Madre quien con todo su esfuerzo, amor y cariño nos ha sacado adelante y ha luchado y entregado parte de su vida a nuestra formación tanto humana como intelectual, gracias por ser mi amiga y sobre todo una fuente de inspiración para lo que día a día realizo. A mi padre que es la base sólida que me ha sostenido por mucho tiempo, gracias mi viejo por todas tus enseñanzas y por todo tu apoyo, gracias por creer en mí y hacerme al igual que tú, un hombre de bien, gracias por ser mi amigo incondicional y por enseñarme los diferentes caminos de la vida pero sobre todo por ayudarme a elegir el correcto. A mis hermanos Rebe, Pablo, Lore, y David, gracias hermanos por confiar en mí, por su apoyo y por alentarme a salir delante de todas y cada una de mis adversidades, gracias por su amor, comprensión y consejos, gracias por compartir conmigo mis triunfos y fracasos.

Y a mí querida y amada esposa, que me brinda su cariño amor y amistad, a ella que día a día comparte conmigo mis triunfos y derrotas, a ella que me impulsa y cree en mí, mil gracias por todo tu cariño, gracias por darme una de las alegrías más grandes que cualquier hombre pudiera tener, gracias por llegar a mi vida. Este logro también es tuyo y de nuestro bebe.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por brindarme la oportunidad de seguirme formando académicamente durante todos estos años.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) por brindarme la oportunidad de poder continuar preparándome profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por proporcionarme el apoyo económico para la realización de mis estudios de Maestría.

A la Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez por su apoyo, orientación y ejemplo de servicio, el cual ha sido mi inspiración para poder servir a los productores del medio rural, que tanto confían y esperan de nuestra Universidad.

A mi director de tesis Dr. Alejandro Martínez Palacios por compartir sus conocimientos y brindarme la orientación necesaria, y a los demás asesores Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez, Dr. Aureliano Juárez Caratachea, Dr. Luis López Pérez, Dr. José Bernardino Castillo Caamal, gracias por su confianza y aportaciones en la realización de este trabajo de tesis.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de esta tesis, mil gracias por todo su apoyo.

ÍNDICE

	Página
Resumen	1
Abstract	2
Introducción general	3
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Hipótesis	7
Estrategia metodológica general	8
Bibliografía	9
Resultados	11
Capítulo I. Efecto de la escarificación mecánica, física y química en el porcentaje y velocidad de germinación en semillas de cueramo (<i>Cordia elaeagnoides</i>) y pinzan (<i>Pithecellobium dulce</i>).	
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Material y métodos	17
Resultados y discusión	19
Conclusiones	24
Bibliografía	25
Capítulo II. Efecto del tamaño del contenedor y sustratos sobre el crecimiento de pinzan (<i>Pithecellobium dulce</i>).	
Resumen	30
Abstract	31

IIAF	M.V.Z. CARLOS ALBERTO VILLALBA SÁNCHEZ	2014
Introducción		32
Material y métodos		37
Resultados y discusión		39
Conclusiones		52
Bibliografía		52
Capítulo III. Efecto de la fertilización química sobre el crecimiento de plantas de pinzan (<i>Pithecellobium dulce</i>), establecidas directamente en campo.		
Resumen		57
Abstract		58
Introducción		59
Material y métodos		62
Resultados y discusión		64
Conclusiones		66
Bibliografía		67
Discusión general		70
Bibliografía		75

RESUMEN

El documento está estructurado en tres capítulos. **En el capítulo I** se utilizaron tres métodos de escarificación y un control, para determinar cuál de estos permitiría homogenizar e incrementar el porcentaje de germinación en cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*). En la escarificación química se utilizó ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 50% a diferentes tiempos de inmersión, observándose una inhibición de la germinación. En la escarificación física se utilizó agua hervida y agua aireada a así como agua a 60 y 90°C con diferentes tiempos de inmersión, en estos métodos se obtuvo 59% de germinación. En la escarificación mecánica se utilizó lija del número 80, se raspo la testa durante: 5, 10 y 15 minutos, en este método se obtuvo el mayor porcentaje de germinación (91%). **En el capítulo II** se diseñó un experimento para determinar el mejor sustrato y tipo de contenedor sobre el crecimiento de pinzan, se evaluaron peat moss, agrolita, vermiculita (PAV), arena de río, con dos fuentes de materia orgánica: composta (COM) y materia orgánica de campo (MOC), en dos diferentes tipos de contenedores y en dos ambientes distintos. Las variables de control fueron: altura, diámetro y número de hojas, se realizó muestreo destructivo para medir área foliar, longitud de raíz, peso fresco y seco de raíz, tallo, hoja, así como peso fresco y peso seco total. El diseño fue factorial con arreglo completamente al azar. Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS, se realizó un ANOVA y la comparación de medias fue mediante Tukey. Para las variables altura, diámetro y número de hojas tanto para vivero en campo como para invernadero, el crecimiento lo determinó el factor sustrato, los tratamientos con mayores promedios ($P < 0.05$), para ambos experimentos fueron el T5 PAV+MOC y T6 PAV+ COM. Para las variables área foliar, longitud de raíz y peso seco total, el T6 PAV+ COM presentó los mejores resultados ($P < 0.05$), al igual que para la variable peso fresco total, tanto para vivero en campo como para invernadero. **En el capítulo III** se estableció un experimento en condiciones de campo para evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilizante Fosfato Diamónico (DAP), con una composición de 18% de N, 46% de P y 0% K, sobre el crecimiento de plantas de *P. dulce*. Para ello se sembraron 120 semillas en una parcela en el municipio de Carácuaro, Michoacán, obteniendo 30% de germinación, las dosis utilizadas fueron: T1, 2.5g; T2, 5g y T3, 10 g y T/C (control). Las variables medidas fueron altura y diámetro. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$).

Palabras clave: escarificación, germinación, sustrato, contenedor, *Pithecellobium dulce*

ABSTRACT

The document is divided into three chapters. **In Chapter I**, three methods of scarification and a control were used to determine which of these would standardize and increase the germination percentage in cueramo (*Cordia elaeagnoides*) and pinzan (*Pithecellobium dulce*). Chemical stratification in the sulfuric acid (H_2SO_4) was used at 50% for various immersion times, showing an inhibition of germination. In physical scarification boiled water and aerated water was used as water to 60 to 90 °C with varying times of immersion, in these methods, 59% germination was obtained. In mechanical scarification sandpaper number 80 was used, the testa is scraped during 5, 10 and 15 minutes, in this method the highest germination percentage (91%) was obtained. **In Chapter II**, an experiment was designed to determine the best substrate and container type on growth of pinch were evaluated peat moss, perlite, vermiculite (PAV), river sand, with two sources of organic matter: compost (COM) Field and organic matter (MOC), into two different types of containers and in both environments. The control variables were: height, diameter and number of leaves, destructive sampling was performed to measure leaf area, root length, fresh and dry weight of root, stem, leaf and fresh weight and total dry weight. The factorial design was completely random arrangement with. Data were analyzed using SPSS, we performed an ANOVA and comparison of means by Tukey was. For the variables height, diameter and number of leaves for both nursery field to greenhouse, growth was determined by the substrate factor, treatments with higher mean ($P < 0.05$) for both experiments were the T5 PAV + MOC and T6 PAV + COM. For variables leaf area, root length and total dry weight, T6 PAV + COM provided the best results ($P < 0.05$), as for the variable total fresh weight for both nursery to field gases. **In Chapter III**, an experiment was established in field conditions to evaluate the effect of different doses of fertilizer diammonium phosphate (DAP), with a composition of 18% N, 46% P and 0% K, on the growth of plants of *P. dulce*. This 120 seeds were sown in a plot in the town of Carácuaro, Michoacán, obtaining 30% germination, the doses used were: T1, 2.5g; T2, T3 and 5 g, 10 g and T/C (control). The variables measured were height and diameter. The results showed no significant differences between treatments ($P > 0.05$).

Keywords: scarification, germination substrate, container, *Pithecellobium dulce*

INTRODUCCIÓN GENERAL

En muchas regiones de América Central, la actividad ganadera está limitada por la escasez de forraje durante la época de secas, que ocasiona bajos niveles de producción (leche y carne) y bajos índices de reproducción (Zamora *et al.*, 2001). Investigaciones han demostrado que en la ganadería de América tropical, el cambio de los monocultivos de pastos por vegetación mixta que combina en el mismo espacio, y al mismo tiempo, gramíneas, leguminosas rastreras, arvenses nobles y no tóxicas, palmas, arbustos y árboles, incrementa la fotosíntesis, mejora el reciclaje de nutrientes, recupera la biota y la fertilidad del suelo e incrementa la biodiversidad (Giraldo *et al.*, 2011). La productividad ganadera mejora cuando se dispone de alimento suficiente, de aceptable valor nutritivo para satisfacer los requerimientos de los animales.

En este sentido, los pastos y forrajes constituyen la fuente basal alimenticia más económica para los sistemas de producción ganadera a nivel mundial (Contino *et al.*, 2008). Sin embargo, en regiones subtropicales y tropicales de América Latina y particularmente de México, en la época de estiaje los pastos son escasos y su contenido nutricional (menor al 8% de proteína) no llena los requerimientos necesarios de los animales. En Michoacán la ganadería se desarrolla en un modelo compuesto por especies arbóreas, por pastos nativos e inducidos, arbustos, agostaderos amplios con terrenos escarpados, con clima cálido y con temperatura media anual de 22 °C y estiaje muy prolongado (Molina *et al.*, 2008).

Es importante mencionar que en la ganadería de esta región los recursos forrajeros naturales, así como los diferentes residuos o esquilmos agrícolas son la principal fuente de alimentación. Los animales consumen el follaje verde, la hojarasca y los frutos de estos árboles, los cuales les proporcionan cantidades considerables de proteína, energía y fósforo (Gutiérrez *et al.*, 2011), lo que contrasta con los bajos aportes que hacen los pastos y esquilmos agrícolas de la región.

Las especies arbóreas forrajeras, con alto valor nutricional representan un potencial como recurso alimenticio para aumentar la producción animal. De acuerdo con Benavides (1999), para que un árbol pueda ser clasificado como forrajero debe reunir ventajas tanto

en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente.

Por otro lado, la selva baja caducifolia alberga gran cantidad de especies de flora y fauna. Pero el bosque tropical es el más amenazado del mundo. La gran diversidad de especies de plantas y de usos, hacen que sea de interés tanto para la conservación, como en la búsqueda de opciones para las comunidades que hacen uso de este bosque (Hernández *et al.*, 2001). Ante la magnitud de la deforestación de los bosques tropicales secos más extensos de México (las selvas bajas caducifolias), es urgente la recuperación de sus ambientes a través de sus especies nativas.

Alrededor de 70% del área de selva baja se ha perdido en las últimas décadas, y 50% del área cubierta por este tipo de vegetación está formada por bosques perturbados (Trejo y Dirzo, 2000). Por estas razones es importante realizar la propagación y reforestación de aquellas especies que brinden todas estas posibilidades pero siempre tomado en cuenta las características que requieren ser evaluadas y valoradas para la selección inicial de especies arbóreas.

Estas características son: el crecimiento inicial, la supervivencia, la aceptabilidad por el animal y la resistencia a plagas durante el establecimiento (Febles y Ruíz, 2008). En cualquier opción de conservación, restauración o rehabilitación de este tipo de vegetación, es necesario conocer aspectos básicos en la propagación de plántulas, como lo son los tratamientos pre germinativos (Hernández *et al.*, 2001), además de las condiciones óptimas que favorecen el proceso de germinación.

Otros aspectos importantes influyen en el proceso operativo de la producción de planta, por ello es necesario el conocimiento y uso apropiado de cada técnica para favorecer la supervivencia y crecimiento de las plantas tanto en vivero como en campo. El envase es uno de los elementos importantes que tiene relación directa con dicho proceso, por lo que definir su tamaño apropiado ayuda a optimizar el rendimiento y minimizar los costos de producción (Prieto *et al.*, 2007).

La elección por tipo y dimensiones del envase dependen del sistema de producción utilizado, las características de crecimiento y del tamaño final de los individuos, así como

de los costos y requerimientos del programa de plantación a donde se destinen las plantas (Aldama, 1998).

Por otra parte, un aspecto que también tiene mucha importancia en la producción de plantas son los sustratos. Estos están compuestos, generalmente, en diferentes proporciones por una mezcla de dos o más materiales (orgánicos, inorgánicos y/o sintéticos), con el objetivo de complementar propiedades adecuadas para el crecimiento vegetal que no poseen en forma independiente (Gallardo, 2003).

La combinación y proporción de los materiales del sustrato debe ser cuidadosamente estudiada, según los requerimientos de cada especie, pues el volumen limitado de los contenedores exige óptimas propiedades físicas y químicas para el crecimiento (Landis *et al.*, 1990; Gerding *et al.*, 1996; Lavado, 2000).

Otro aspecto importante es la plantación, se ha demostrado en campo que el éxito de las plantaciones está asegurado cuando se toman en cuenta las épocas para plantación, conjuntamente con métodos efectivos de preparación del sitio y, una protección contra competencia de la vegetación y daños por ramoneo de animales.

Debido a que el propósito de cualquier plantación es que se establezca el mayor porcentaje de la planta depositada en campo; por ello, es conveniente mencionar los cinco factores que confluyen en el éxito de la plantación: a) una preparación eficiente del sitio; b) la elección correcta de la especie y fuente de semilla; c) regímenes confiables de cultivo de las plántulas en vivero, regímenes que utilizan el concepto de época de siembra, de trasplante y fuentes de semilla para prever el material de plantación con alto potencial de supervivencia; d) correcta elección de épocas de plantación, épocas de acuerdo con el sitio de plantación en campo a las condiciones de suelo y a los métodos de plantación y e) la inmediata protección del material plantado (Rodríguez, 2010).

OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones para la propagación de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y el pinzan (*Pithecellobium dulce*), en laboratorio, campo e invernadero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Determinar el proceso de escarificación, que permita favorecer la germinación de las semillas del cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y el pinzan (*Pithecellobium dulce*), en laboratorio
- 2.- Evaluar el crecimiento de las plantas de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*), en dos tipos de contenedores y diferentes tipos de sustratos en condiciones de campo e invernadero.
- 3.- Evaluar el efecto de la fertilización sobre el crecimiento y desarrollo de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*) en campo.

HIPOTESIS

1. El proceso de escarificación de la semilla de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y el pinzan (*Pithecellobium dulce*) contribuye a que la germinación se homogenice en tiempo y se incremente el porcentaje de germinación.
2. La combinación de sustratos y dos diferentes tamaños de contenedores, influyen en el crecimiento del cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y el pinzan (*Pithecellobium dulce*).
3. La fertilización del cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y el pinzan (*Pithecellobium dulce*), bajo condiciones de campo influye en su crecimiento.

ESTRATEGIA METODOLOGICA GENERAL

La investigación comprendió tres experimentos, estructuralmente cada uno de éstos dan origen a un capítulo, para facilitar la comunicación de los resultados, cada capítulo se trabajó en forma de artículo independiente. Para la realización del capítulo I, el trabajo se realizó en el laboratorio de Biotecnología y Genética del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) Unidad San Juanito Itzícuaró de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH); para el capítulo II, el trabajo se realizó simultáneamente en dos sitios, el primero en el invernadero del IIAF-Unidad Posta, y el segundo en el vivero de la Cañada de Zacapungamio municipio de Carácuaro, Michoacán. El experimento para el III capítulo se desarrolló también en la Cañada de Zacapungamio ya mencionada.

En el capítulo I se evaluaron diferentes métodos pregerminativos en semillas de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y el pinzan (*Pithecellobium dulce*), los cuales fueron: escarificación química con H_2SO_4 al 50%; escarificación mecánica con lija del número 80; escarificación física, inmersión en agua a 60 y 90°C e inmersión en agua hervida y aireada, y un control sin escarificación. Se usó un diseño experimental de una sola vía con arreglo completamente al azar, las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación y velocidad de germinación. La información se analizó mediante el paquete estadístico SPSS, se realizó un ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

En el capítulo II se evaluaron distintos sustratos y dos contenedores de diferente tamaño, para encontrar el mejor sustrato y tipo de contenedor sobre el crecimiento de pinzan (*Pithecellobium dulce*), se diseñó un experimento en el cual se evaluaron los siguientes sustratos: peat moss, vermiculita, agrolita, arena de río, con dos fuentes de materia orgánica (composta y hojarasca de campo), en dos diferentes tipos de contenedores y en dos ambientes distintos (campo e invernadero). Las variables de control en las plantas fueron: altura, diámetro y número de hojas, con mediciones cada 15 días durante 3 meses, al final se realizó un muestreo destructivo para medir área foliar, longitud de raíz, peso fresco y seco de raíz, tallo, hoja, así como peso fresco y peso seco total. El diseño experimental fue factorial con arreglo completamente al azar, seis tratamientos, dos contenedores, con cinco repeticiones. La información se analizó

mediante el paquete estadístico SPSS, se realizó un ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

En el capítulo III se estableció un experimento en condiciones de campo para evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilizante sobre el crecimiento de plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*). El fertilizante utilizado fue DAP fosfato diamónico (18-46-00) 18% N, 46% P y 0% K. Las dosis para los diferentes tratamientos fueron 2.5, 5 y 10 g por planta, la aplicación se realizó directamente en la base de la planta. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta y diámetro de tallo. La información se analizó mediante el paquete estadístico SPSS, se realizó un ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

BIBLIOGRAFIA

Aldama B. R. 1998. **Sistema de producción de planta en contenedores**. Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedores. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco. p. 7.

Benavides J. E. 1999. **Utilización de la morera en sistemas de producción animal**. En: **Agroforestería para la producción animal en América Latina**. En línea (fecha de consulta 15/02/2014). Conferencia electrónica, FAO Roma, Italia p 275-294. <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Bnvdes12.htm>.

Contino E. Y., Ojeda G. F., Herrera G. R., Altunaga P. N., Pérez R. M. G. 2008. **Comportamiento productivo de cerdos mestizos en ceba alimentados con follaje fresco de *Morus alba* como sustituto parcial del concentrado comercial**. Zootécnia Tropical. 26 (3): 391-394.

Febles G., Ruiz T. E. 2008. **Evaluation of tree species for silvo-pastoral systems**. Avances en Investigación Agropecuaria AIA. 12 (1): 5-27.

Gallardo C. 2003. **Materiales comúnmente utilizados en la formulación de sustratos**. In **Actas Jornada Técnica: Introducción al uso de sustratos en la producción comercial de plantines de viveros**. EEA INTA, Concordia, Entre Ríos. p. 5-12.

Gerding V. M. E., Hermosilla R. G. 1996. **Sustratos de corteza compostada para la propagación vegetativa de estacas de tallo de *Podocarpus nubligena* Lindl. y *Eucryphia cordifolia* Cav.** Bosque 17 (2): 57-64.

Giraldo J., Sinisterra J.A., Murgueitio R. E. 2011. **Árboles y arbustos forrajeros en policultivos para la producción campesina: Bancos Forrajeros Mixtos**. LEISA Revista

de Agroecología. En línea (fecha de consulta 28/10/2011) http://leisa-al.org/site/Revistas/Articulo/253751/Html/arboles-y-arbustos-forrajeros-en-policultivos-para-la-producción-campesina-bancos-forrajerosmixtos?keepThis=true&TB_iframe=true&height=500&width=60.

Gutiérrez V. E., Juárez C. A., Salas R. G., Villalba S. C. A., Rojas S. L. A., Gutiérrez O. 2011. **Servicios Ecosistémicos en los agostaderos del trópico mexicano: El caso de las Especies Arbóreas Nativas Forrajeras Multipropósito (EANFM) en Carácuaro, Michoacán.** II Congreso Internacional Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos. Asunción Paraguay.

Hernández V. G., Sánchez V. L. R., Aragón F. 2001. **Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la Sierra de Manantlán.** Foresta Veracruzana. Universidad Veracruzana, Xalapa, México. 3 (1): 9-15.

Landis T., Tinus R. W., McDonald S. E., Barnett J. P. 1990. **The container tree nursery manual.** Handbook 674. Washington, DC. USDA, Forest Service. p. 85.

Lavado R. 2000. **Aguas y sustratos para la producción ornamental. Origen, propiedades, manejo, influencia sobre los cultivos y determinaciones.** Buenos Aires, Argentina. New Plant. p. 109.

Molina M. V. M., Gutiérrez V. E., Herrera C. J., Gómez R. J., Ortiz R. R., Santos F. J. 2008. **Caracterización y modelación gráfica de los sistemas de producción bovina en Tierra Caliente, Michoacán: 1. Bovinos productores de carne.** Livestock Research for Rural Development. Colombia. 20 (2):1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd20/12/moli20195.htm>

Prieto R. J. A., Soto G.M., Hernández D. J. C. 2007. **Efecto del tamaño de envase en el crecimiento de *Pinus engelmannii* Carr en vivero.** Revista Ciencia Forestal en México. 32 (102): p 23-38.

Rodríguez R.L. 2010. **Manual de prácticas de viveros forestales.** Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. p. 1-7.

Trejo I., Dirzo R. 2000. **Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national analysis in Mexico.** Biological Conservation. 94: 133–142.

Zamora S., García J., Bonilla G., Aguilar H., Harvey C. A., Muhammad I. 2001. **Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua.** Agroforestería en las Américas. 8 (31): 1-8.

CAPITULO I

**EFFECTO DE LA ESCARIFICACIÓN MECÁNICA, FÍSICA Y QUÍMICA EN EL
PORCENTAJE Y VELOCIDAD DE GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE CUERAMO
(*Cordia elaeagnoides*) Y PINZAN (*Pithecellobium dulce*)**

¹Villalba-Sánchez C.A., ¹Gutiérrez-Vázquez E., ¹Juárez- Caratachea A., ¹López-Pérez L.,
²Castillo-Caamal J.B., ¹Martínez-Palacios A.

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo. ²Universidad Autónoma de Yucatán

RESUMEN

Se evaluaron distintos métodos pre-germinativos para determinar el que proporcionara mayor homogenización, porcentaje y velocidad de germinación, en las semillas de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*). Las semillas de ambas especies se recolectaron en campo, en época de fructificación, en la Cañada de Zacapungamio, municipio de Carácuaro, Michoacán. Los tratamientos evaluados fueron: escarificación química con H₂SO₄ a 50% durante 30 segundos, 1, 2, 4, 6, 12 minutos y un control, escarificación mecánica con lija del número 80, durante 5, 10 y 15 minutos; método físico de inmersión en agua a 60 y 90°C durante 30, 60 y 120 segundos, inmersión en agua hervida y aireada durante 12, 24, 48, 96, 144 y 192 horas. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones y cada repetición consistió en una caja petri con 5 semillas, el diseño experimental fue de una sola vía con arreglo completamente al azar. Para calcular la velocidad de germinación se consideró el número de semillas germinadas y el tiempo de germinación, desde la primera hasta la última semilla. A los 21 días se evaluó porcentaje de germinación (PG) y velocidad de germinación (VG). Para el *P. dulce* los resultados obtenidos fueron: 91% de germinación en la escarificación mecánica, en el control 86% y 59% en la escarificación física, en la escarificación química se observó la inhibición de la germinación. En VG, se observó que en la escarificación mecánica el 100% de la germinación ocurrió a los 2.33 días promedio, en contraste con lo observado en el control en el que el total de la germinación ocurrió hasta los 13.6 días promedio. En cueramo no se observó germinar semillas en ningún tratamiento. En conclusión la

escarificación mecánica (lijado), aumentó la uniformidad y acortó el tiempo de germinación de las semillas de pinzan (*Pithecellobium dulce*).

Palabras clave: métodos pregerminativos, semillas, especies arbóreas forrajeras

ABSTRACT

Different pre-germination methods were evaluated to determine which provide greater homogenization, and speed of germination percentage in seeds cueramo (*Cordia elaeagnoides*) and pinzan (*Pithecellobium dulce*). The seeds of both species were collected in the field, in fruiting season in Glen Zacapungamio, Carácuaro municipality, Michoacán. The treatments were: chemical scarification with H_2SO_4 at 50% for 30 seconds, 1, 2, 4, 6, 12 minutes and control, mechanical scarification with sandpaper number 80, for 5, 10 and 15 minutes; physical method of immersion in water at 60 to 90 °C for 30, 60 and 120 seconds, immersion in boiled water and aerated for 12, 24, 48, 96, 144 and 192 hours. Each treatment had three replicates and each replicate consisted of a petri dish with 5 seeds, the experimental design was one-way completely randomized arrangement. To calculate the speed of germination was considered the number of germinated seeds and germination time, from the first to the last seed. At 21 days, percent germination (PG) and germination speed (VG) was evaluated. For *P. dulce* the results were: 91% germination in the scarification in the control 86% and 59% in physical scraping, chemical stratification in the inhibition of germination was observed. In VG, it was observed that mechanical scarification 100% germination occurred at 2.33 days average, in contrast to what was observed in the control in which the total germination occurred up to 13.6 days on average in cueramo not observed germinated seeds in any treatment. In conclusion mechanical scarification (sanding), increased uniformity and shortened the time of germination of seeds pinzan (*Pithecellobium dulce*).

Keywords: pregerminative methods, seeds, fodder tree species

INTRODUCCIÓN

En muchas regiones de América Central, la actividad ganadera está limitada por la escasez de forraje durante la época de secas, que ocasiona bajos niveles de producción (leche y carne) y bajos índices en la reproducción (Zamora *et al.*, 2001). Investigaciones han demostrado que en la ganadería de América tropical, el cambio de los monocultivos de pastos por vegetación mixta que combina en el mismo espacio, y al mismo tiempo, gramíneas, leguminosas rastreras, arvenses nobles y no tóxicas, palmas, arbustos y árboles, incrementa la fotosíntesis, mejora el reciclaje de nutrientes, recupera la biota y la fertilidad del suelo e incrementa la biodiversidad (Giraldo *et al.*, 2011).

La productividad ganadera mejora cuando se dispone de alimento suficiente, de aceptable valor nutritivo para satisfacer los requerimientos de los animales. En este sentido, los pastos y forrajes constituyen la fuente basal alimenticia más económica para los sistemas de producción ganadera a nivel mundial. Sin embargo, en regiones subtropicales y tropicales de América Latina y particularmente de México, en la época de estiaje los pastos son escasos y su contenido nutricional (menor a 8% de proteína) no llena los requerimientos necesarios de los animales (Contino *et al.*, 2008).

En la Región de Tierra Caliente, Michoacán, la ganadería se desarrolla en un modelo compuesto por especies arbóreas, pastos nativos e inducidos, arbustos, agostaderos amplios con terrenos escarpados, clima cálido, y temperatura media anual de 22°C y estiaje muy prolongado (Molina *et al.*, 2008).

En la ganadería de esta región los recursos forrajeros naturales, así como los diferentes residuos o esquilmos agrícolas son la principal fuente de alimentación. Los animales consumen el follaje verde, la hojarasca y los frutos de estos árboles, los que les proporcionan cantidades considerables de proteína, energía y fósforo (Gutiérrez *et al.*, 2011), lo anterior contrasta con los bajos aportes que hacen los pastos y esquilmos agrícolas de la región.

Las especies forrajeras, con alto valor nutricional representan un potencial como recurso alimenticio para aumentar la producción animal. Ante esta situación, el follaje de especies arbóreas es una alternativa, por su gran potencial como forraje, su alto contenido de proteína (Sosa *et al.*, 2004), fibra detergente neutra y fósforo (González *et al.*, 2007). Las

especies arbóreas también juegan un papel importante en la fertilidad de los suelos, ya que incorporan Nitrógeno (N_2) atmosférico y reciclan cantidades significativas de nutrientes, por medio de producción e incorporación de hojarasca al suelo (Chicowo *et al.*, 2006; Sileshi y Mafongoya, 2007).

El estudio integral de los árboles y arbustos es multidisciplinario y multi-institucional, y forma parte de una actividad diversa que es la agroforestería, la cual se encuentra en auge creciente en áreas tropicales y templadas del mundo, como una opción que constituye eficazmente a la sostenibilidad del entorno y, para mitigar los efectos negativos de la erosión y la sequía, así como para diversificar la ganadería, entre otros beneficios contenidos en los sistemas agroforestales (Murgueitio *et al.*, 1999; Buurman *et al.*, 2004).

Los bosques tropical subcaducifolio, caducifolio y espinoso representan una superficie aproximada en relación al territorio del país de 17%, lo que significa una existencia de 6,000 especies, lo que representa un 20% del total de la flora (Rzedowski, 1998). La gran diversidad de especies de plantas y de usos, hacen que sea de interés tanto para la conservación, como en la búsqueda de opciones para las comunidades que hacen uso de este bosque (Hernández *et al.*, 2001).

Ante la magnitud de la deforestación de la selva baja caducifolia, es urgente la recuperación de sus ambientes a través de sus especies nativas. Alrededor de 70% de la vegetación se ha perdido en las últimas décadas, y 50% del área cubierta por este tipo de vegetación está formada por bosques perturbados (Trejo y Dirzo, 2000). Lo anterior muestra la necesidad de realizar la propagación y reforestación de aquellas especies que brinden todas estas posibilidades.

Dos de las Especies Arbóreas Forrajeras (EAF), que se consideran como promisorias por sus características, usos y alternativas que proporcionan a esta ganadería son cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*).

El cueramo (*Cordia elaeagnoides*) pertenece a la familia *Boraginaceae*, es conocido como barcino en Jalisco, ocotillo meco en Oaxaca, griseño en Chiapas, es un árbol de 6 a 10 y hasta 20 m de altura, su diámetro llega a ser de 30cm, es semideciduo, pierde las hojas en la época de sequía, de agosto a septiembre, contiene 17.3% de proteína, 0.9 calcio,

0.3 de fósforo y 16.4 de fibra detergente neutro (FDN) (González *et al.*, 2007). También tiene gran importancia maderable, cuyas características de durabilidad, resistencia, usos medicinales y ornamentales le otorga un valor comercial muy alto (Pennington y Sarukhán, 1998). Los frutos son nuececillas, con todas las partes florales persistentes, los pétalos convertidos en alas pariráceas morenas de hasta 2.8 centímetros de diámetro; contienen hasta 4 semillas, 3 mm de largo, alargadas, los frutos maduran de noviembre a febrero (Pennington y Sarukhán 2005).

El pinzan (*Pithecellobium dulce*) pertenece a la familia *Leguminosae*, es conocido como guamúchil o guanoche en Guerrero y Michoacán, guarijo en Sonora, son árboles de hasta 20 metros de altura, diámetro de 60 cm, y son perennifolios. Su contenido de proteína de 19.5%, 1.4 de calcio, 0.3 de fósforo y 31.8 de FDN (González *et al.*, 2007). Los frutos de esta especie son consumidos por los humanos y sus hojas, tallos y frutos, como forraje para el ganado, la época de fructificación es principalmente en los meses de febrero-mayo. Las semillas son reniformes y de color negro (Mc Vaugh, 1987). El pinzan también permite la producción de leña, miel, aceite de jabón, tanino, setos, y la sombra (Sivakumar y Murgesan, 2005), además de fines farmacéuticos (Goyal *et al.*, 2012). El pinzan se cultiva también como especie ornamental, para leña y cortinas rompe vientos (Parrota, 1991; García y Medina, 2006).

Existen especies arbóreas que constituyen una fuente de producción forrajera en las zonas secas del país. Sin embargo, uno de los principales problemas que presentan estas especies es la dureza del tegumento de sus semillas, lo cual ocasiona una disminución de la germinación en condiciones naturales (Poulsen, 2000; D'Aubeterre, 2002).

Esta condición puede superarse mediante métodos de escarificación que han sido reportados ampliamente en la literatura por diversos autores, cuyos resultados han contribuido a mejorar la germinación de diversas especies de plantas con fines forrajeros. (D'Aubeterre, 2002).

En algunas ocasiones la latencia producida por endocarpos impermeables se elimina en la naturaleza, mediante la ingesta de los frutos por parte de animales, en cuyo tracto digestivo se desgasta la pared del endocarpo, lo que favorece la germinación de las semillas (Halevy, 1974; Winer, 1983).

Los cambios de temperatura en 24 horas, el roce de éstas con la arena del suelo y los hongos que se alimentan de la superficie o capa cerosa de las semillas presentes en las primeras lluvias pueden ser otros factores que interrumpen la latencia del embrión (Hartmann y Kester, 1988).

Los diferentes procesos de tratamiento previo de la semilla como son las formas de escarificación, se utilizan conforme a las características de las diferentes semillas y especies que existen. También debe asegurarse que la semilla sufra el menor daño posible, para así obtener los resultados esperados (Hartmann y Kester, 1988).

Existen numerosos métodos de escarificación aplicados a las semillas de leguminosas con la finalidad de romper la latencia e incrementar la germinación; entre ellos se mencionan los métodos físicos, químicos y mecánicos, cuyos resultados dependerán de la especie (Torral, 1998; Razz y Clavero, 2003). La escarificación es todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad y cubierta de la semilla, con la finalidad de hacerlas permeables al agua y a los gases (Bonner, 1984).

Estos tratamientos pregerminativos se clasifican, de acuerdo al medio o instrumento utilizado, en escarificación física con agua, química con ácido y mecánica al raspar, perforar o friccionar la testa de la semilla (Bonner *et al.*, 1974).

La escarificación mecánica: resulta simple y efectiva en muchas clases de semillas. Raspar con lija las cubiertas de las semillas duras, limarlas, o quebrarlas con un martillo entre las mordazas de un tornillo de banco, son métodos simples y útiles para cantidades pequeñas de semillas relativamente grandes (Bonner, 1984; Hartmann y Kester, 1988).

Escarificación con agua caliente: consiste en colocar las semillas en un recipiente, en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100°C, de inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan durante 12 a 24 h en el agua que se va enfriando gradualmente. En este proceso de escarificación lo importante es mantener las temperaturas recomendadas, para que la semilla no presente ninguna alteración o modificación en su viabilidad (Bonner, 1984; Hartmann y Kester, 1988).

Escarificación con ácido: se colocan las semillas en recipientes y se cubren con ácido sulfúrico concentrado (de peso específico 1.84) en proporción de una parte de semilla por dos de ácido, la cantidad de semilla no debe pasar de 10kg para evitar un calentamiento incontrolable. El tiempo varía desde 10 minutos para ciertas especies hasta 6 h para otras (Bonner, 1984; Hartmann y Kester, 1988).

Con base en lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar distintos métodos de escarificación, para determinar el que proporcionara mayor homogenización, porcentaje y velocidad de germinación en las semillas de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*).

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización: el trabajo se realizó en el laboratorio de Biotecnología y Genética del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH), Unidad San Juanito Itzicuaró, ubicado en la ciudad de Morelia Michoacán.

Recolección de la semilla: la semilla de las dos especies se recolectaron en campo, en época de fructificación, en la Cañada de Zacapungamio, municipio de Carácuaro, Michoacán, el cual se localiza al sureste del estado entre los 19° 01' latitud norte y 101° 08' al longitud oeste, a 540 msnm (INEGI, 2000). Desde el mes de octubre de 2012 se dio seguimiento a los frutos de cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y se recolectaron a partir del mes de enero de 2013, se muestrearon 25 árboles, para ambas especies, se utilizó una garrocha para jalar las ramas y una lona para colectar los frutos y semillas desprendidas de las dos especies, se depositaron en bolsas de papel previamente marcadas con la fecha, lugar de recolección y el número de árbol. Las semillas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) se recolectaron de 10 árboles durante los meses de marzo y abril de 2013.

Las semillas de las dos especies fueron seleccionadas y se conservaron aquellas semillas de apariencia sana (sin orificios, deformaciones o manchas y se mezclaron los lotes de cada especie (Bonfil *et al.*, 2008). Después de la recolección de los frutos de cueramo se procedió a limpiarlos, quitándole todos los residuos de hojas y las impurezas, para esto se

utilizaron un cernidor manual, un colador de cocina, guantes de carnaza y un ventilador. Las semillas de pinzan se sacaron de la envoltura carnosa de la vaina y prácticamente quedaron limpias.

Determinación de la viabilidad de la semilla por el método de flotación: después de la recolección de la semilla de ambas especies se procedió a determinar su viabilidad, depositándolas por separado en un recipiente con agua y se observaron las semillas que flotaron y las que se hundieron. Las semillas que flotaron en la superficie se separaron y fueron consideradas como semillas inviables y por lo tanto no se tomaron en cuenta para el experimento. Las semillas que se hundieron fueron consideradas como viables (Landis *et al.*, 1998).

Desinfección de la semilla: se le aplicó un lavado previo con agua corriente por 3 minutos, posteriormente se agitaron durante 3 min en una solución de hipoclorito de sodio comercial al 10%, se enjuagaron. Después se pasaron a alcohol al 70% por 3 minutos, se enjuagaron y se colocaron en papel absorbente a la sombra.

Disección de semillas: se realizó una disección de 100 frutos para observar si había la presencia de semillas y a su vez de embriones.

Tratamientos evaluados: los tratamientos evaluados fueron: escarificación química con H_2SO_4 a 50% durante 30 segundos 1, 2, 4, 6, 12 minutos y un control, escarificación mecánica con lija del número 80, durante 5, 10 y 15 minutos, método físico de inmersión en agua a 60 y 90°C durante 30, 60 y 120 segundos y el método físico de inmersión en agua hervida y aireada durante 12, 24, 48, 96, 144 y 192 horas. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones y cada repetición consistió en una caja petri con 5 semillas, el diseño experimental fue de una sola vía con arreglo completamente al azar. Para calcular la velocidad de germinación se utilizó la formula $M = \sum \frac{n_i}{t}$ propuesta por González y Orozco (1996), en donde M= velocidad de germinación, n_i = número de semillas germinadas en el día i, t= tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla. A los 21 días se evaluó porcentaje de germinación (PG) y velocidad de germinación (VG). La información se analizó mediante el paquete estadístico SPSS, se realizó un ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

Escarificación con H_2SO_4 a 50%: después de la desinfección de las semillas para este tratamiento, se pasaron por una solución de ácido sulfúrico al 50% durante 30 segundos 1, 2, 4, 6 y 12 minutos; se enjuagaron con agua corriente y se sembraron en las cajas de petri con papel filtro, manteniendo húmedo el papel con una piceta con agua destilada. Cada tercer día se dio seguimiento a la germinación.

Escarificación mecánica (fricción con lijas): se utilizó un bote de aluminio con capacidad de 4 litros, se forró internamente con lija del número 80. Una vez introducida al bote se friccionó con la mano y un guante de carnauba durante los tiempos indicados (5, 10 y 15 minutos). Posteriormente se colocaron en las cajas de petri con el papel filtro humedecido y marcadas previamente.

Escarificación física de inmersión en agua caliente a 60 y 90°C: se utilizaron vasos de precipitado de capacidad de 4 litros, un calentador eléctrico para calentar el agua, un termómetro, para revisar la temperatura del agua (60 y 90°C).

Escarificación física de inmersión en agua hervida y aireada: después de ser hervida por 5 minutos, el agua fue aireada manualmente antes de poner a remojar las semillas, esta aireación se repitió en los tratamientos de 24, 48, 96, 144 y 192 horas, cada 24 horas. Cumplido el tiempo correspondiente las semillas se colocaron en cajas de petri.

Testigo o control: en este tratamiento únicamente se realizó el proceso de esterilización de las semillas descrito anteriormente, posteriormente se colocaron en las cajas de petri. Los riegos se aplicaron cada tercer día o cuando lo requerían, cada tercer día se evaluó la germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de la viabilidad para la semilla de pinzan (*Pithecellobium dulce*) el método de flotación indicó que más de 90% de las semillas eran viables, este método ha sido utilizado por diversos autores (Landis *et al.*, 1998; García *et al.*, 2009), para obtener la viabilidad de las semillas con las que han trabajado ya que es de fácil y rápida aplicación, el cual permite por medio de la observación separar las semillas que flotan y

que por esta razón se consideran vanas, de aquellas semillas que se van al fondo del recipiente y que son consideradas como viables.

Al observar que menos de 1% de los frutos de *C. elaeagnoides* se hundieron en la prueba de viabilidad y a falta de germinación, se realizó la disección de 100 frutos para observar si estos contenían semillas y estas a su vez contenían embriones, observándose que menos del 5% de frutos contenían semillas y que en los frutos en donde hubo semilla no se observó la presencia de embriones.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Gaspar *et al.*, (2006), quienes realizaron disecciones y conteo de embriones en *C. elaeagnoides* en donde observaron que aunque la semilla posee cuatro cavidades en donde se puede encontrar un embrión por cavidad y en contadas ocasiones hasta dos; una gran cantidad de semillas presentaron embriones con un aspecto deteriorado.

Al observarse casi el 100% de frutos sin semillas en esta especie, se cree que esta condición puede deberse al fenómeno de tipo partenocárpico, que es el desarrollo de un fruto sin la fertilización de los óvulos y la formación de las semillas (Simmonds, 1953; Rademacher, 1994). Este fenómeno puede tener un carácter natural o artificial (Chamarro, 1995).

La presencia de frutos partenocárpicos no inducidos, aparecen en varios géneros de árboles forestales, como *Acer*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Betula*, *Diospyros* y *Liriodendron* (Kozlowski, 1971). Los frutos maduros no indican necesariamente semillas maduras, y aún menos cabe predecir el número de semillas viables a partir del número de frutos (Kamra, 1973). Es necesario realizar mayor investigación en el caso de *C. elaeagnoides* para registrar lo que está ocasionando que existan temporadas o en su defecto periodos dentro de la temporada que induzcan la formación de frutos partenocárpicos en esta especie.

En las semillas de *P. dulce*, a los 21 días de incubación, los valores más altos de germinación se registraron en la escarificación mecánica (91%) y en el control (86%). La germinación se vio reducida significativamente en la escarificación física (59%) y en la química (1%) (Figura 1).

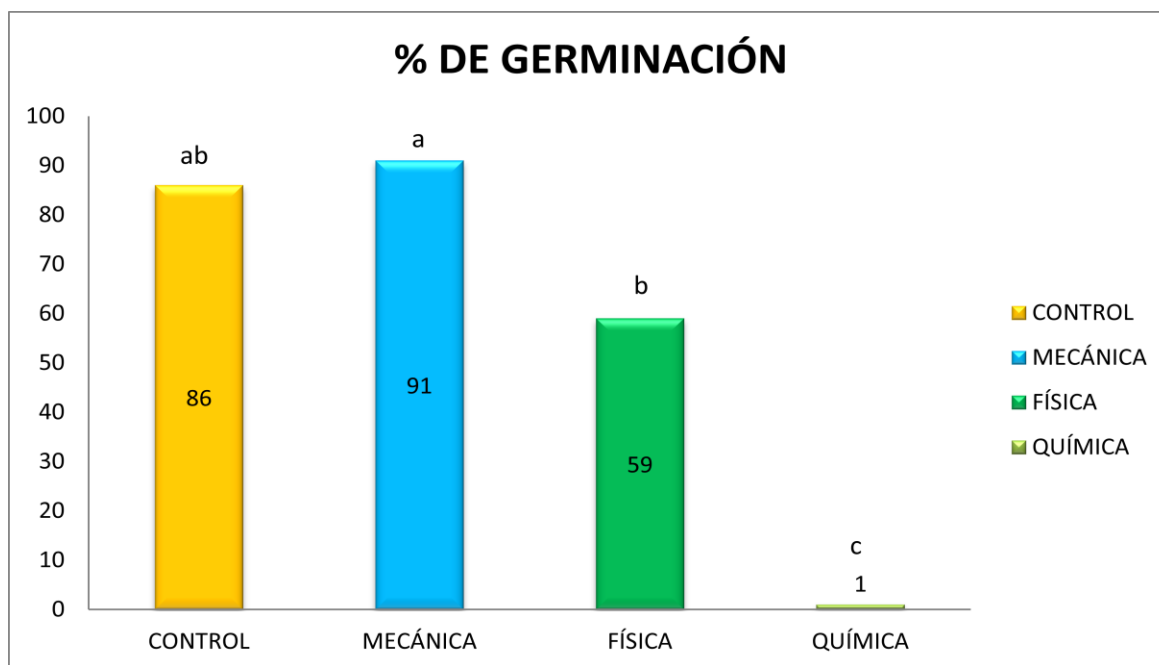


Figura 1. Porcentaje de germinación a los 21 días.

En los resultados obtenidos se puede observar que los tratamientos de escarificación aplicados a las semillas de *P. dulce*, influyeron en la germinación de esta especie. En lo que respecta a la escarificación mecánica Hernández *et al.* (2001), realizaron trabajos con semillas de *P. dulce*, a las cuales les aplicaron una escarificación mecánica y obtuvieron 84% de germinación. De igual manera Godínez (1999), realizó trabajos con leguminosas y en base a resultados de su investigación, observó que los mejores tratamientos fueron los de escarificación mecánica con lija, al obtener porcentajes mayores a 80%.

Autores como Prasad y Nautiyal (1996), observaron resultados similares en la escarificación mecánica, al obtener porcentajes de germinación mayores a 98% en (*Bahuinia racemosa*). Sin embargo, estos resultados contrastan con los obtenidos por

Razz y Clavero (2003), quienes mencionan que en la escarificación mecánica en semillas de *P. dulce*, fue el tratamiento en que se generó menor porcentaje de germinación (59%).

Es importante señalar que la escarificación mecánica con lija ha mostrado ser un buen método de escarificación, lo que puede proponerse en trabajos posteriores con esta especie, o con otras que sean de interés para la ganadería de la Región de Tierra Caliente. También con este tipo de escarificación no se corre el riesgo de dañar al embrión ya que al hacerse de forma manual, esto permite medir la fuerza que se aplica en la fricción entre las semillas y la lija, es claro que los resultados también dependerán de la calidad y características en las que se encuentren las semillas al momento de ser sometidas a la aplicación del método de escarificación.

En lo que respecta a las semillas a las cuales no se les aplicó ningún método de escarificación (tratamiento control), puede observarse que presentaron porcentajes de germinación arriba de 80%, lo que coincide con trabajos realizados por Hernández *et al.* (2001), quienes obtuvieron 90.6% de germinación en este tratamiento, casi similar al encontrado por Ramírez *et al.* (2012), quienes indican que las semillas intactas (testigo) de *P. dulce*, tuvieron 91.3% de germinación.

El tratamiento control indica que las semillas de esta especie (bajo las condiciones en que se realizó el experimento) germinan sin dificultad, sin la necesidad de que se les aplique algún método de escarificación, resultados que coinciden con lo observado por Parrota (1991), quien también realizó trabajos con *P. dulce* y obtuvo resultados similares. Esta condición permitiría facilitar el trabajo en la propagación de esta especie y los productores podrían realizar esta actividad sin mayor complicación.

Para el caso del método físico y químico la germinación se vio afectada negativamente, en el caso de la escarificación con ácido sulfúrico, quizá por la concentración que se manejó (50%), así como los diferentes tiempos de inmersión, alcanzaron a dañar los embriones de las semillas y por esa razón la germinación se vio disminuida, como lo mencionan Atencio *et al.*, (2003), quienes encontraron un efecto tóxico en semillas de *Peltophorum pterocarpum*, al exponerlas a una concentración mucho menor (5% de ácido sulfúrico) de la que se utilizó en la escarificación del *P. dulce*.

Sin embargo diversos autores (Guerrero, 1994; Hernández, 2001; D Aubeterre *et al.*, 2002; Araoz y Del Longo 2006; Hernández *et al.* 2011), en trabajos realizados con leguminosas y otras especies también consideradas como forrajeras, señalan que la escarificación química con ácido sulfúrico (a concentraciones similares a las utilizadas con *P. dulce*) favoreció el porcentaje de germinación en estas especies, lo que contrasta totalmente con los resultados obtenidos en la escarificación química en las semillas de *P. dulce*.

La velocidad de germinación en las semillas de *P. dulce*, fue mayor en la escarificación mecánica al darse solamente en 2.3 días, seguida por la escarificación física en donde el total de la germinación ocurrió en 11.2 días, en los tratamientos en que la germinación fue más tardía fueron en el control y en la escarificación química, ocurriendo a los 13.6 y 14.6 días respectivamente (Figura 2).

Se puede decir que aunque la velocidad de la germinación, es un carácter heredable (Woodstock, 1973; Dowker, 1981), también se ve afectada por factores como los son edad, el ambiente en el que se realizan las pruebas de germinación y los tratamientos de escarificación que se les apliquen (Aguilar, 1984).

En el caso de las semillas de *P. dulce* se pudo observar que el método de escarificación mecánica, tuvo influencia positiva en la velocidad con que ocurrió la germinación, ya que al realizar desgaste en la testa de la semilla con lija por un tiempo mínimo de 5 minutos, se generó un rallado de la superficie de la semilla, lo cual permitió que esta se reblandeciera y que el agua penetrara para que se iniciara el proceso de germinación en menor tiempo, a diferencia de lo que ocurrió con los otros tratamientos.

Estos resultados concuerdan con Ramírez *et al.*, (2012) quienes realizaron escarificación física de inmersión en ácido giberélico durante 24 horas en semillas de *P. dulce*, y obtuvieron germinación a los dos días después de la siembra, pero contrastan con los obtenidos por Razz y Clavero (2003), quienes encontraron que la germinación en esta misma especie y al haber utilizado escarificación mecánica con lija del número 80 durante 5 minutos, ocurrió cinco días después de la siembra.

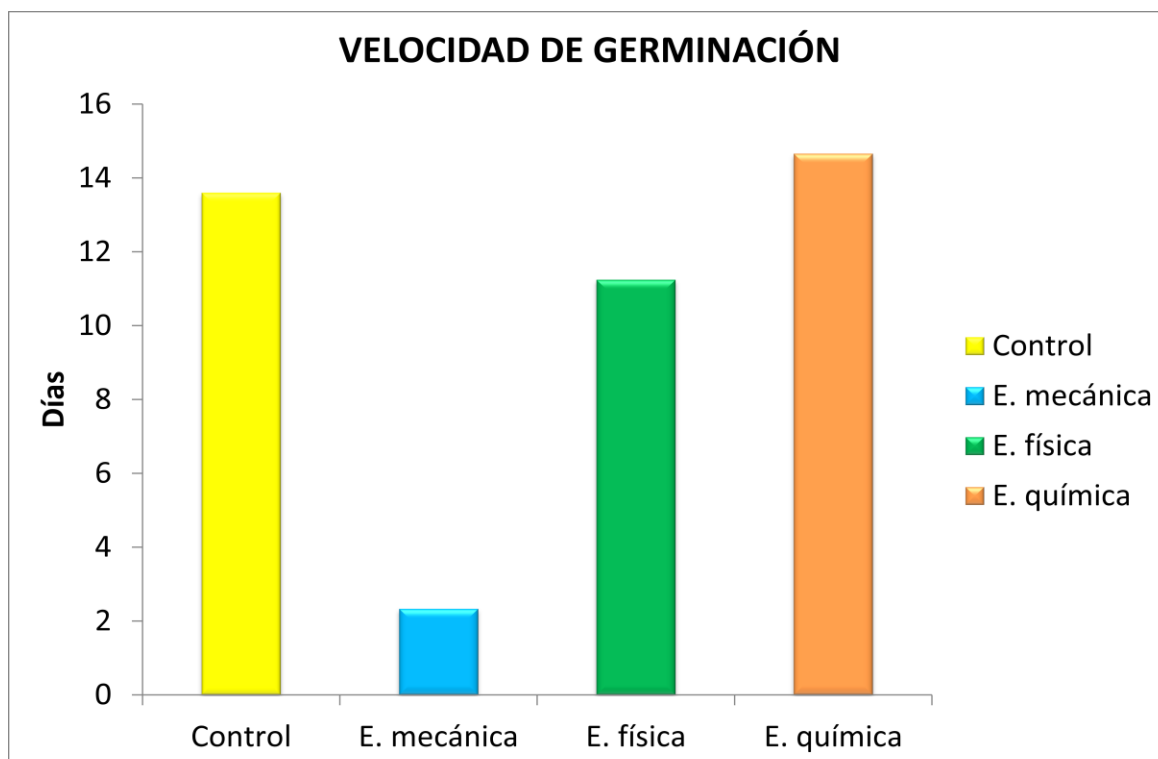


Figura 2. Velocidad de germinación en semillas de pinzan (*Pithecellobium dulce*). $M = \frac{\sum ni}{t}$ González y Orozco (1996), en donde M= velocidad de germinación, ni= número de semillas germinadas en el día i, t= tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

Es importante conocer la velocidad de germinación de las especies de interés agroforestal, ya que esto permite hacer una planeación adecuada de las diferentes actividades tanto en vivero como en campo, tales como siembra, resiembra, trasplante, así como para poder determinar los tiempos en que se puede tener planta para asegurar la propagación de estas especies. En este caso el conocer la velocidad de germinación del *P. dulce*, permitirá planear adecuadamente las actividades antes mencionadas.

CONCLUSIONES

Se puede observar que la germinación de las semillas en las diferentes especies arbóreas forrajeras están determinada por diferentes factores tanto ambientales, como internos de la semilla, así como el manejo que se les pueda brindar, precisamente los tratamientos

pregerminativos o de escarificación, permiten facilitar este proceso que se inicia con la entrada de agua al interior de la semilla, para que se puede disparar el proceso de germinación tanto químico como biológico.

La escarificación mecánica permite acelerar e incrementar el porcentaje de germinación de semillas de pinzan (*Pithecellobium dulce*). La escarificación física tuvo poco efecto sobre la germinación y el método químico afectó negativamente la germinación al disminuirla considerablemente.

Por lo que para obtener altos porcentajes de germinación en semillas de pinzan en un corto tiempo, se recomienda lijar las semillas por lo menos durante 15 minutos, aunque es preciso mencionar también que las semillas de pinzan presentan un buen porcentaje de germinación sin ser sometidas a ningún método de escarificación, lo que se pudo observar en el tratamiento control.

Las semillas de cueramo requieren de mayor investigación para poder conocer el efecto partenocárpico de sus frutos, o al alto porcentaje (99%) de falta de semillas en los frutos tal y como se registraron las semillas colectadas en mes de marzo de 2013 en el rancho de Zacapungamio municipio de Carácuaro, Michoacán.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar I. B. 1984. **Avaliaco da qualidade fisiológica de sementes florestais**. En: Simposio Internacional. Métodos de produção e controle de qualidade de sementes a mudas florestais. Curitiba, Brasil. p. 277- 290.

Araoz S. D., Del Longo O. T. 2006. **Tratamientos pregerminativos para romper la dormición física impuesta por el endocarpo en *Ziziphus mistol* Grisebach**. Quebracho Santiago del Estero p. 56-65.

Atencio L., Colmenares R., Ramírez M. V., Marcano D. 2003. **Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabacea**. Revista Científica FCV-LUZ. 20 (1):63-71.

Bonfil S. C., Cajero L. I., Evans Y. R. 2008. **Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México.** Agrociencia 42 (7): 1-11.

Bonner F. T., Rudolf P. O. 1974. ***Ziziphus* Mill. *Jujube*.** En **Seeds of woody plants in the United States.** Agriculture Handbook N° 450. Schopmeyer C.S Technical Coordinator. Forest Service, United States Department of Agriculture, Washington, D.C. p. 862-863.

Bonner F. T. 1984. **Glossary of seed germination terms for tree seed workers.** USDA Forest Service. General Technical Report SO-49, Southern Forest Experiment Station. p.4.

Buurman P., Ibrahim M., Amezquita, M. 2004. **Mitigation of greenhouse gas emission by tropical silvopastoral systems: Optimisms and facts.** 2nd. International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma de Yucatán. México. p 62.

Chamarro J. 1995. **Anatomía y fisiología de la planta p: 44-91.** En Nuez (eds.). **El cultivo del tomate.** Mundiprensa, Madrid. p. 793.

Chicowo R., Mapfumo P., Leffelaar P. A., Giller K. E. 2006. **Integrating legumes to improve N cycling on smallholder farms in sub-humid Zimbabwe: resource quality, biophysical and environmental limitations.** Nutrient Cycling in Agroecosystems. (76): 219-231.

Contino E. Y., Ojeda G. F., Herrera G. R., Altunaga P. N., Pérez R. M. G. 2008. **Comportamiento productivo de cerdos mestizos en ceba alimentados con follaje fresco de *Morus alba* como sustituto parcial del concentrado comercial.** Zootecnia Tropical. 26 (3): 391-394.

D'Aubeterre R., Principal J., García J. 2002. **Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del género *Prosopis*.** Revista Científica. XII (2): 575-577.

Dowker O. Q., Winarmo., Fennell J. F. M. 1981. **"Germination studies on onion seeds lots"**. Horticultural Research. 1 (21): 41-48.

García D. E., Medina M. G. 2006. **Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros.** Zootecnia Tropical. 24: 233.

García M. D., De Peña V. M., De Pedro R., Verde M. 2009. **Estudio de viabilidad y tratamientos de germinación de semillas de *Juniperus thurifera* L. en tres localidades de la provincia de Soria.** 5° Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. p. 2-9.

Gaspar P. A. M., Mora S. A., Santa Cruz R. F. 2006. **Efecto de la aplicación de ácido giberélico en la germinación de *Cordia elaeagnoides*.** A.D.C. Avances de Investigación Científica en el CUCBA XVII Semana de Investigación Científica. p 69-72.

Giraldo J., Sinisterra J. A., Murgueitio R. E. 2011. **Árboles y arbustos forrajeros en policultivos para la producción campesina: Bancos Forrajeros Mixtos**. LEISA revista de Agroecología. En línea (fecha de consulta 28/10/2011) http://leisa-al.org/site/Revistas/Articulo/253751/Html/arboles-y-arbustos-forrajeros-en-policultivos-para-la-produccion-campesina-bancos-forrajeros-mixtos?keepThis=true&TB_iframe=true&height=500&width=600

Godínez A. H. 1999. **Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica**. Poli botánica. (11) 1-19.

González Z. L., Orozco A. S. A. 1996. **Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda Brachystachya***. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58: 15-30.

González G. J. C., Ayala B. A., Gutiérrez Ernestina. 2007. **Chemical composition of tree species with forage potential from the region of Tierra Caliente, Michoacán, México**. Cuban Journal of Agricultural Science. 41 (1): 81-86.

Goyal P., Kachhwaha S., Kothari S. L. 2012. **Micropropagation of *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth-a multipurpose leguminous tree and assessment of genetic fidelity of micropropagated plants using molecular markers**. Physiology and Molecular Biology of Plants. 18 (2): 169-176.

Guerrero M., Herrera J. 1994. **The germination of *Sesbania emerus* (Fabaceae): Effect of immersion in sulphuric acid**. Revista de Biología Tropical, 42: 461-466.

Gutiérrez V. E., Juárez C. A., Salas R. G., Villalba S. C. A., Rojas S. L. A., Gutiérrez O. 2011. **Servicios ecosistémicos en los agostaderos del trópico mexicano: El caso de las Especies Arbóreas Nativas Forrajeras Multipropósito (EANFM) en Caracuaro, Michoacán**. II Congreso Internacional Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos. Asunción Paraguay.

Halevy G. 1974. **Effects of gazelles and seed beetles (Bruchidae) on germination and establishment of *Acacia* species**. En Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. 2000. Danida Forest Seed Centre. Editor Olesen K. p. 263-303.

Hartmann H. T., D. E. Kester. 1988. **Propagación de plantas**. CECSA. México 760:100-195.

Hernández V. G., Sánchez V. L. R., Aragón F. 2001. **Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la Sierra de Manantlán**. Foresta Veracruzana. Universidad Veracruzana, Xalapa, México. 3 (1). p. 9-15.

Hernández de B. N., Tizado C., Him de F. Y., Díaz J. G., Torre Alba E., Rodríguez Z. 2011. **Evaluación de tratamientos pregerminativos para estimular la emergencia en cuatro especies forrajeras arbóreas**. Revista Científica FCV-LUZ. 28 (1): 536-546.

Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Información (INEGI). 2000. **XII Censo general de población y vivienda. Resultados preliminares. Michoacán, México.** 167-171.

Kamra S. K., Meyer W. W., Wegelius C. 1973. **Stereoradiography for increased information accuracy in seed quality testing. En Seed Processing**, Proc. Symposium IUFRO Wkg. Group on Seed Problems, Bergen. (I). p 10.

Kozlowski T. T. 1971. **Growth and development of trees.** Academic Press, Nueva York y Londres. (2). p. 333-354.

Landis T. D., Tinus R. W., Barnett J. P. 1998. **The container tree nursery manual. Vol. 6, Seedling propagation.** Agriculture Handbook 674. Washington, D.C., USDA Forest Service. p.166.

Mc Vaugh R. 1897. Flora **Novo-Galiciana: Leguminosae.** The University of Michigan. Ann. Arbor. (5). p. 786.

Murgueitio E., Rosales, M., Gómez M.E. 1999. **Agroforestería para la producción animal sostenible.** CIPAV. Colombia. p 10.

Molina M. V. M., Gutiérrez V. E., Herrera C. J., Gómez R. J., Ortiz R. R., Santos F. J. 2008. **Caracterización y modelación gráfica de los sistemas de producción bovina en Tierra Caliente, Michoacán: 1. Bovinos productores de carne.** Livestock Research for Rural Development. Colombia, 20 (2): 1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd20/12/moli20195.htm>

Parrota J. A. 1991. ***Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, Guamúchil, Madrasthorn.** SO-ITF-SM-40. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest. Experiment Station. p.5.

Pennington T., Sarukhán D. 1998. **Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies.** UNAM, Fondo de Cultura Económica. México. p. 521.

Pennington D., Sarukhán J. 2005. **Árboles Tropicales de México.** Fondo de cultura económica. México. p. 99.

Poulsen K., Stubaard F. 2000. **Técnicas para la escarificación de semillas forestales.** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (C.A.T.I.E) 36:60.

Prasad P., Nautiya A. R. I. 1996. **Physiology of germination in *Bahuinia*: Involvement of seed coat in inhibition of germination in *B. racemosa* Lam. seeds.** Seed Science and Technology. 24: 305-308.

Rademacher F. 1994. **Gibberellin formation in microorganisms.** Plant Growth Regulation. 15: 303-314.

- Ramírez M., Suárez H., Regino M., Caraballo B., García D. E. 2012. **Respuesta a tratamientos pregerminativos y caracterización morfológica de plántulas de *Leucaena leucocephala*, *Pithecellobium dulce* y *Ziziphus mauritiana***. Pastos y Forrajes. 35 (1): 29-42.
- Razz R. y Clavero T. 2003. **Efecto de la escarificación, remojo y tiempos de almacenamiento sobre la germinación de *Pithecellobium dulce***. Revista Científica FCV-LUZ. 20:180.
- Rzedowski J. 1998. **Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México**. En T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM, México. p. 129-145.
- Sileshi G., Mafongoya P. L. 2007. **Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia**. Biology Fertility Soils. 43:333–340.
- Sivakumar A., Murgesan M. 2005. **Estudios botánicos sobre las plantas silvestres comestibles utilizados por las tribus de las colinas Anaimalai, los Ghats occidentales**. Anc. Vida Ciencia. 30:69-73.
- Simmonds N. W. 1953. **Segregations in some diploid bananas**. Journal Genetics. 51: 458-469.
- Sosa R. E. E., Pérez R. D., Ortega R. L., Zapata B. G. 2004. **Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos**. Técnica Pecuaria México. 42 (2): 129-144.
- Toral O. 1998. **Comportamiento de especies arbóreas forrajeras en sus primeras etapas de desarrollo**. Pastos y Forrajes. 21: 293-302.
- Trejo I., Dirzo R. 2000. **Deforestation of seasonally dry tropical forest: A national analysis in Mexico**. Biological Conservation. 94: 133–142.
- Winer N. 1983. **Germination of pretreated seeds of mesquite (*Prosopis chilensis*) under arid conditions in northern Sudan**. En Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. 2000. Danida Forest Seed Centre. Editor Olesen K. p. 263-303.
- Woodstock L. W. 1973. **Physiological and biochemical test for seed vigour**. Seed Science and Technology. (1). p. 127-157.
- Zamora S., García J., Bonilla G., Aguilar H., Harvey C. A., Muhammad I. 2001. **Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua**. Agroforestería en las Américas. 8 (31): 1-8.

CAPITULO II

**EFFECTO DEL TAMAÑO DEL CONTENEDOR Y SUSTRATOS SOBRE EL
CRECIMIENTO DE PINZAN (*Pithecellobium dulce*)**

¹Villalba-Sánchez C.A., ¹Gutiérrez-Vázquez E., ¹Juárez- Caratachea A., ¹López-Pérez L.,
²Castillo-Caamal J.B., ¹Martínez-Palacios A.

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San
Nicolás de Hidalgo. ²Universidad Autónoma de Yucatán

RESUMEN

Se establecieron plantas derivadas de la germinación de semillas de *P. dulce*. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo de las plantas establecidas en diferentes sustratos y dos tamaños de bolsas. Las variables de crecimiento que se evaluaron fueron: altura, diámetro, número de hojas. En un muestreo destructivo se evaluó área foliar, longitud de raíz, peso fresco y seco de raíz, tallo, hoja, así como peso fresco y peso seco total, tanto en condiciones de invernadero como en condiciones de vivero en campo. Las semillas del pinzan se recolectaron en campo, en época de fructificación (febrero-mayo 2013), en la Cañada de Zacapungamio, municipio de Carácuaro, Michoacán. Los tratamientos evaluados fueron: arena de río, una mezcla de peat moss + agrolita + vermiculita, arena de río + MOC (materia orgánica de campo), arena de río + COM (composta), peat moss + agrolita + vermiculita + MOC, peat moss + agrolita + vermiculita + COM, estas mezclas se evaluaron en dos tamaños de bolsa de vivero, bolsa ancha (12 cm. de ancho por 24.5 cm. de largo) y bolsa larga (6.5 ancho x 35.5 cm. de largo), el diseño experimental fue factorial con arreglo completamente al azar, seis tratamientos, dos contenedores, con cinco repeticiones. Los resultados mostraron que para las variables altura, diámetro y número de hojas tanto para vivero en campo como para invernadero, el crecimiento de las plantas estuvo determinado por el factor sustrato, los tratamientos que presentaron mayores promedios para ambos experimentos fueron el T5 PAV+MOC y T6 PAV+ COM. Para las variables área foliar, longitud de raíz y peso seco total se observó que T6 PAV+ COM fue en donde se obtuvieron los mejores resultados. Para la variable peso fresco total para vivero en campo como para

invernadero, en bolsa ancha como para bolsa larga el T6 PAV+ COM fue el tratamiento que presentó mayores promedios para esta variable.

Palabras clave: vivero, invernadero, variables de crecimiento.

ABSTRACT

Plants derived from seed germination of *P. dulce* were established. The aim of this study was to evaluate the development of established plants in different substrates and two sizes of bags. Growth variables evaluated were: height, diameter, number of leaves. Destructive sampling in leaf area, root length, fresh and dry weight of root, stem, leaf and fresh weight and total dry weight, plants pinzan (*Pithecellobium dulce*) was evaluated in both greenhouse conditions as under nursery conditions in the field. The seeds were collected in the field pinch in fruiting season (February-March 2013), in Glen Zacapungamio, Carácuaro municipality, Michoacan. The treatments were: river sand, a mixture of peat moss + perlite + vermiculite + MOC river (organic matter field), river sand + COM (compost), peat moss + perlite + vermiculite + MOC, peat moss + perlite + vermiculite + COM, these mixtures were evaluated in two sizes nursery bag, wide bag (12 cm. wide by 24.5 cm. long) and long bag (6.5 x 35.5 cm wide. long), the factorial experimental design was completely randomized, six treatments, two containers with five replications. The results showed that for the variables height, diameter and number of leaves for both nursery field to greenhouse, plant growth was determined by the substrate factor, the treatments had higher averages for both experiments were the T5 PAV + MOC T6 and PAV + COM. For variables leaf area, root length and total dry weight shows that COM + PAV was T6 where best results are obtained. For the variable total fresh weight for nursery field to greenhouse in long wide bag to bag the T6 PAV + COM was the treatment showed higher averages for this variable.

Keywords: nursery, greenhouse, growth variables.

INTRODUCCIÓN

El estudio integral de los árboles y arbustos es multidisciplinario, y forma parte de una actividad diversa que es la agroforestería, la cual contribuye eficazmente a la sostenibilidad del entorno y a mitigar los efectos negativos de la erosión y la sequía, así como para diversificar la ganadería (Murgueitio *et al.*, 1999; Buurman *et al.*, 2004). Ante la magnitud de la deforestación de los bosques tropicales secos más extensos de México (las selvas bajas caducifolias), es urgente la recuperación de sus ambientes a través de sus especies nativas.

Los árboles multipropósito son ejemplo de un inmenso potencial natural en las regiones tropicales del mundo. Los árboles forrajeros son un ejemplo importante de ese potencial natural que se magnifica en las regiones tropicales del mundo y que paradójicamente ha sido pobremente investigado pese a la urgente necesidad de proteína para los animales domésticos que utiliza el hombre. Se reconocen cerca de 18,000 especies de leguminosas en el mundo (Brewbaker *et al.* 1980, citado por Murgueitio 2000), la mayoría de los cuales se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales del planeta.

Durante los últimos años, todas las ciencias están experimentando avances tecnológicos importantes. Afortunadamente la agricultura también se está beneficiando de toda esta revolución tecnológica; en este sentido, se ponen a disposición del agricultor variedades más competitivas y productivas que las tradicionales, nuevos materiales (sistemas de ferti-irrigación, materiales de cobertura entre otros) que permiten un control ambiental más exhaustivo en alguna de las fases del proceso productivo de las plantas. Junto a todos estos cambios tecnológicos se observa cómo se está sustituyendo, de manera cada vez más importante, el cultivo tradicional en suelo por el cultivo hidropónico y en sustrato (Abad y Noguera, 1997).

A mitad del siglo pasado ya existían viveros forestales distribuidos en la República Mexicana, para disminuir las áreas deforestadas, provocadas por diversos factores; año con año se producen plantas en viveros forestales para apoyar los programas de reforestación. Sin embargo, aún se sigue, presentando bajos porcentajes de establecimiento de la planta en campo, por lo que hay que prestar atención a los factores que determinan el porcentaje de supervivencia en campo de las plantas. Las prácticas de

manejo para producir plantas de calidad en determinado vivero, consta de variar la concentración de elementos nutricionales que necesita la planta, variar el espaciamiento entre riegos, variar la cantidad de agua por riego, variar el porcentaje de las mezclas de sustratos, variar el volumen de los envases y variar la densidad de planta por metro cuadrado (Martínez, 1994).

Para que la humedad esté disponible para las plantas dentro de un contenedor, se requiere que el suelo (o la mezcla) tenga buena porosidad, de tal modo que las raíces puedan proveerse de oxígeno y llevar a cabo la respiración. El tamaño de los poros determina el volumen real del agua y aire que permanecen en un recipiente, una vez que ha escurrido el excedente de agua después de un riego, así los poros más pequeños retienen agua (porosidad de retención de humedad); y los poros más grandes retienen aire (espacio aéreo) (Martínez, 1994).

Por lo general, entre menos profundidad tenga un contenedor y más fina sea la textura del suelo, la capacidad de retención de humedad es mayor, pero el espacio de aire es menor; por el contrario, en recipientes más profundos y suelo con textura más gruesa la porosidad de aireación mejora, pero se reduce la capacidad de retención de humedad. Es importante considerar la profundidad de los envases y la textura del suelo a utilizar en la propagación de plantas (Landis, 1990).

El cultivo de plantas en sustrato presenta diferencias sustanciales respecto del cultivo de plantas en pleno suelo, al cultivar en contenedor las características de éste resultan decisivas en el correcto crecimiento de la planta, ya que se produce una clara interacción entre las características del contenedor (altura, diámetro, etc.) y el manejo del complejo planta-sustrato. En el caso del cultivo de plantas en contenedor el volumen de sustrato es limitado y de él las plantas absorberán el oxígeno, agua y nutrientes (Abad, 1993).

Por otra parte, hay referencias que indican que en el cultivo intensivo de plantas, en el que las temperaturas están controladas y los niveles de nutrientes en el sustrato acostumbran a ser altos, se produce una mayor absorción de agua y transpiración por parte de la planta, debido a que el tiempo de apertura de estomas es superior (Abad, 1993); esto obliga a regar frecuentemente para que en todo momento exista agua fácilmente disponible en el sistema radicular, lo que sin duda puede ocasionar problemas

por falta de aireación. Por lo anterior, es conveniente emplear sustratos con una elevada porosidad. Esta es la causa fundamental de que un suelo agrícola no pueda ser utilizado para el cultivo en contenedor.

Para solventar estos problemas se recomienda el uso de sustratos, materiales de diversas naturalezas que son empleados para proveer soporte físico, promover un eficiente intercambio de gases, una buena retención y disponibilidad de agua y de nutrientes a la plantas, los cuales han demostrado que dependiendo de su naturaleza pueden intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de las plantas y que definitivamente afectan el desarrollo medido en producción (Smiderle *et al.*, 2001; De Grazia *et al.*, 2006).

El término “sustrato”, que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.). En el caso de los materiales químicamente inertes, éstos actúan únicamente como soporte de la planta, mientras que en los restantes intervienen además en procesos de adsorción y fijación de nutrimentos (Pastor, 1999).

Por propiedades físicas se entienden aquéllas que se pueden ver y sentir, tales como: color, capacidad de retención de humedad, textura, densidad, porosidad, etc. Características físicas como la textura, es una propiedad invariable, al contrario de las propiedades químicas, razón por la cual suele darse más importancia a las propiedades físicas en la selección de los sustratos. Una vez seleccionada la mezcla como medio de cultivo, su composición química puede verse alterada mediante el riego y la fertilización (Hine, 1991).

Las principales funciones que tiene el sustrato para la planta son: el agua, está debe ser retenida por el sustrato hasta el momento de ser usada por la plántula; el aire, la energía que la raíz requiere para realizar sus actividades fisiológicas es generada por respiración aeróbica, lo que requiere un constante abasto de oxígeno; con la excepción de carbono, hidrógeno y oxígeno las plantas tienen que obtener otros trece nutrimentos minerales

esenciales del sustrato; y el soporte físico, la función final del sustrato es soportar a la planta en posición vertical, este soporte está en función de la densidad y rigidez del mismo (Iglesias y Alarcón, 1994).

En suelos y sustratos con texturas finas es necesario adicionar materiales que promuevan un mejor arreglo de los agregados, con el fin de mejorar el movimiento de agua y aire, y al mismo tiempo favorecer la penetración y desarrollo de raíces. La mayoría de los medios de crecimiento poseen dos o tres componentes que cambian adecuadamente las características físicas y químicas deseadas de estos (Hine, 1991).

Por otro lado la producción de planta en envase, es el método más utilizado en México desde que aparecieron los plásticos como recipientes. Además, para las condiciones de los terrenos destinados a reforestar, tienen mayores posibilidades de éxito. Desde luego que la producción de planta en envase, tiene sus ventajas y desventajas (Liegel y Venator, 1987).

Algunas de las principales ventajas es que en el sitio destinado al vivero, no se requiere tener un suelo de buena calidad; la permanencia de las plantas en vivero es más corta y las raíces no son expuestas al calor ni al aire durante el transporte al campo. Por otro lado, las desventajas que se deben tomar en cuenta son que las plántulas generalmente se producen a mayor costo (Rodríguez, 2010).

Muchos tipos de contenedores han sido probados en los viveros forestales norteamericanos durante los últimos 25 años, pero el contenedor perfecto todavía no ha sido desarrollado. En realidad, un tipo determinado de contenedor no puede satisfacer las necesidades de cada viverista, a causa de las diferencias en las prácticas culturales en cada vivero, o debido a las condiciones del sitio de plantación. El mejor contenedor para determinado propósito, dependerá de los objetivos específicos del vivero y del sistema de plantación (Landis, 1990).

Las propiedades del contenedor ideal para la producción de plantas forestales han sido cuestión de debate durante muchos años. Aunque los contenedores pueden ser comparados en muchas formas distintas, la más apropiada está en relación con su funcionalidad. La función primaria de cualquier contenedor es contener una pequeña

cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y además provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero (Landis, 1990).

Sin embargo, los contenedores para especies forestales deben cumplir con otras funciones que reflejan los requerimientos para plantaciones forestales de conservación o comerciales. Algunas características dan forma al crecimiento de la planta en el vivero, como es el caso del diseño de propiedades para evitar crecimiento radical en espiral. Otras características operativas de los contenedores están relacionadas con consideraciones económicas y de manejo, tanto en el vivero como en el lugar de plantación (Landis, 1990).

La evolución de los contenedores se ha enfocado hacia el uso de materiales ligeros y resistentes de gran durabilidad que permitan responder a la meta de lograr sistemas radicales bien estructurados (uniformes, fibrosos y bien desarrollados) que aumenten la supervivencia en campo; además se busca hacer más eficientes las labores de producción y utilizar el mínimo de insumos en vivero (Sánchez, 1998).

Domínguez *et al.* (2000), Muyan y White (2001), coinciden que el volumen del contenedor influye en el desarrollo de las plantas en vivero y en campo, en relación directa con el crecimiento del sistema radical.

Por otro lado, la importancia de conocer el desarrollo fisiológico de especies forrajeras, se ha fundamentado en la capacidad que éstas han adquirido para tener un crecimiento permanente, y así responder a la defoliación causada por otras especies (rumiantes), es decir, es una respuesta fisiológica a la interacción con el ambiente, promoviendo la aparición de características que le permiten a la planta forrajera desarrollar fortalezas frente a otras especies, por ello es importante conocer las repuestas fisiológicas de cada especie (Lemus y Lemus, 2004).

El análisis del crecimiento de las plantas se ha desarrollado durante las últimas décadas como una disciplina relacionada con la eco-fisiología y la agronomía, con sus propios conceptos, términos y herramientas de cálculo (Lambers y Poorter, 1992; Hunt *et al.*, 2002; Amaro *et al.*, 2004; Gil y Miranda, 2007; Reffye *et al.*, 2008).

El entender la naturaleza del proceso de crecimiento es una pieza clave para conocer el potencial y las limitaciones de plantas forrajeras en cualquier situación de manejo (Korner, 1991; Cornelissen, 1996).

Por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue evaluar efecto del tamaño de contenedor y diferentes sustratos sobre el crecimiento y desarrollo de pinzan (*Pithecellobium dulce*).

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización: esta parte del estudio, se llevó a cabo simultáneamente en dos sitios, el primero en el invernadero del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Unidad Posta, y el segundo en el vivero de la Cañada de Zacapungamio municipio de Carácuaro, Michoacán, el cual se localiza al sureste del estado entre los 19° 01' latitud norte y 101° 08' longitud oeste, a 540 msnm. Temperatura media anual 22 °C. La de invierno oscila entre 18° con una precipitación anual de 800 a 1000 mm. El clima es cálido húmedo (INEGI, 2000).

Recolección de la semilla: La semilla del *P. dulce* se recolectó en campo, de 10 árboles durante los meses de marzo y abril de 2013 en época de fructificación, en la Cañada de Zacapungamio, municipio de Carácuaro, Michoacán. Después de la recolección, se procedió a limpiarla, se sacó de la envoltura carnosa de la vaina y prácticamente quedó limpia. Fueron seleccionadas y conservadas aquellas semillas de apariencia sana (sin orificios, deformaciones o manchas), (Bonfil *et al.*, 2008). De cada árbol se tomó una muestra y esta muestra se homogenizó para tener un solo lote de semillas para realizar los diferentes tratamientos.

Determinación de la viabilidad de la semilla por el método de flotación: Después de la recolección de la semilla se procedió a determinar su viabilidad, depositándolas en un recipiente con agua y se observaron las semillas que flotaron y las que se hundieron. Las semillas que flotaron en la superficie se separaron y fueron consideradas como semillas inviables y por lo tanto no se tomaron en cuenta para el experimento. Las semillas que se hundieron fueron consideradas como viables (Landis *et al.*, 1998) y fue con las semillas que se trabajó durante el experimento.

Desinfección de la semilla: para la desinfección de la semilla que se utilizó, en un recipiente, se agregó agua y una gota de jabón tween, se agitó durante 3 minutos, para generar espuma, posteriormente se enjuagó a chorro con agua destilada hasta quitar todo el residuo del jabón, posteriormente se le agregó cloro al 10% y se agitó nuevamente durante 3 minutos, se tiró el cloro y se enjuagó con agua destilada, se agregó alcohol al 70%, de igual manera se volvió a agitar durante 3 minutos, una vez transcurrido el tiempo se tiró el alcohol y la semilla se puso a secar bajo sombra, sobre toallas absorbentes y a temperatura ambiente.

Tratamientos evaluados: Los diferentes tratamientos que se evaluaron fueron: T1 arena de río, T2 peat moss + agrolita + vermiculita, T3 arena de río + MOC (materia orgánica de campo), T4 arena de río + COM (composta), T5 peat moss + agrolita + vermiculita + MOC, T6 peat moss + agrolita + vermiculita + COM, y cada una de estas mezclas de sustratos, en los dos tamaños de bolsa de vivero, bolsa ancha (12 cm. de ancho por 24.5 cm. de largo) y bolsa larga (6.5 ancho x 35.5 cm. de largo). Las variables que se midieron en las plantas fueron: altura, diámetro y número de hojas; se realizaron mediciones cada 15 días durante 3 meses, también al final se realizó un muestreo destructivo para medir área foliar (medición que se realizó con un planímetro), longitud de raíz, peso fresco y seco de raíz, tallo, hoja, así como peso fresco y peso seco total. Para medir el diámetro se utilizó un calibrador Vernier digital de 150 mm y 6 in, de marca AutoTec. El diseño experimental fue factorial con arreglo completamente al azar, seis tratamientos, dos contenedores, con cinco repeticiones, esto tanto en vivero en campo como en invernadero. La información se analizó mediante el paquete estadístico SPSS, se realizó un ANOVA y la comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey.

Desinfección de la MOC: La desinfección de la MOC se realizó por medio del método de solarización propuesto por Katan (1981), el cual es un proceso hidrotérmico que crea condiciones de altas temperaturas en el suelo, lo que resulta ideal principalmente en el período de pre-siembra o pre-plantación para controlar un buen número de plagas del suelo (insectos, patógenos, nemátodos y malezas). Se realizó con mantas plásticas transparentes de polietileno, colocando primero una en el suelo, posteriormente se colocó la materia orgánica de campo y después se tapó con otra bolsa de polietileno para permitir la entrada de los rayos solares, se dejó así durante 45 días.

Mezclas de lo diferentes sustratos: La mezcla de los diferentes sustratos se realizó con una revolvedora para cemento con capacidad de 100 kilogramos, con la finalidad de homogenizar adecuadamente cada mezcla, una vez hechas las mezclas se procedió a hacer el llenado de las bolsas con una pala o cuchara de jardinería, se etiquetaron cada una de las bolsas conforme a los diferentes tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

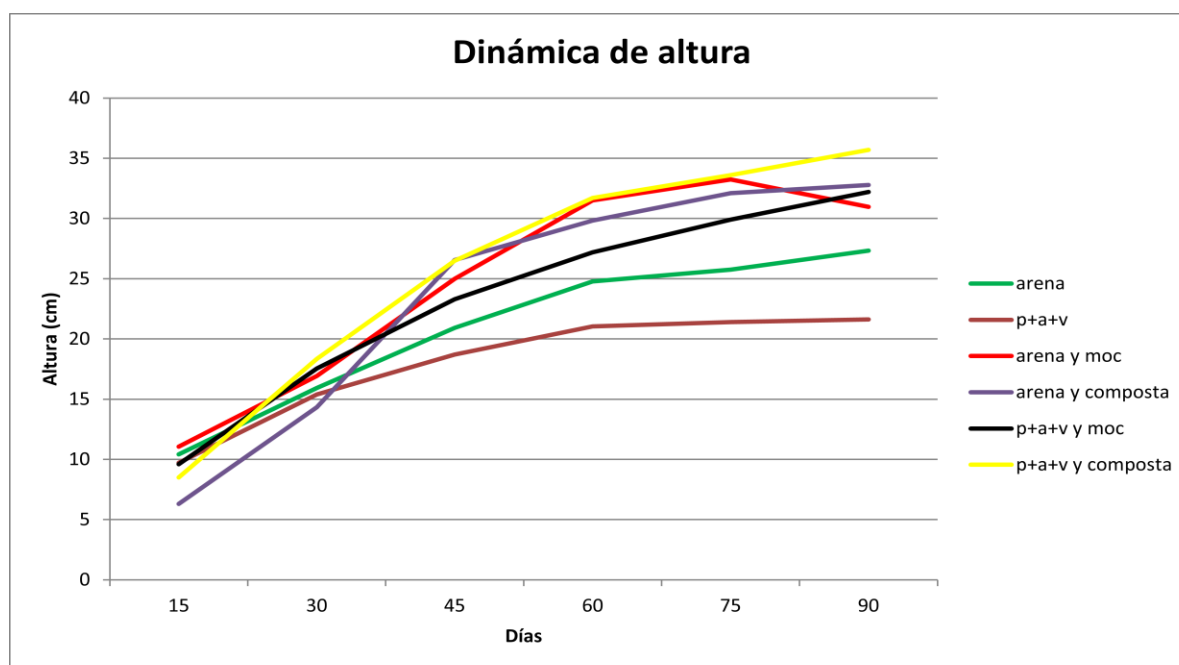
Con lo que respecta a la variable altura, es importante mencionar que en el análisis estadístico el factor contenedor no fue significativo para esta variable, lo que contrasta con diversos resultados de investigación con otras especies (Domínguez *et al.*, 2006; Ortega *et al.*, 2006), en los cuales se comenta que el tamaño de contenedor influye de manera positiva en el desempeño de las plantas tanto en vivero como en campo.

Por esta razón solo se discute el factor sustrato el cual determinó la diferencia en las alturas de las plantas de pinzan *P. dulce*, en el experimento bajo condiciones de campo. En la Gráfica 1, se observa que en los tratamientos en los que se adicionó alguna fuente de materia orgánica el crecimiento de las plantas fue mayor, lo que coincide con Medina (2006), quien menciona que en vivero la absorción de nutrimentos está circunscrita a las condiciones y la fertilidad del sustrato utilizado.

En el caso del T6 PAV+ COM, se observó el mayor promedio de altura (35.7 cm), estos resultados coinciden con Toral (1998), quien reportó promedios similares de 37.7 cm al estudiar el comportamiento de *Albizia lebbbeck*, *Albizia saman*, *Bauhinia purpurea*, *Bauhinia variegata*, *Cassia grandis* y *Erythrina indica*, en vivero a las 12 semanas.

Medina (2011), utilizó un sustrato compuesto por 70% de suelo franco-limoso alcalino, 10% de arena y 20% de composta de estiércol de bovino y obtuvo alturas de: 22.6 cm a las 18 semanas para samán margariteño (*Albizia lebbbeck*), 45.2 cm leucaena ecotipo Trujillo (*L. leucocephala*) y 50 cm de altura para bucare anauco (*Erythrina fusca*), lo que puede indicar en comparación a estos resultados, que el *P. dulce* crece de manera similar a estas especies lo cual ayudaría a tener plantas aptas para su trasplante, dado que se considera que culminan su tiempo de vivero cuando alcanzan entre 30 y 40 cm de

altura, según lo refiere Toral (2000). En la Gráfica 1, también se puede observar que T1 y T2 fueron los tratamientos que menores alturas presentaron, lo que pudo atribuirse a la falta de nutrientes que el sustrato no proporcionó a las plantas durante su crecimiento.

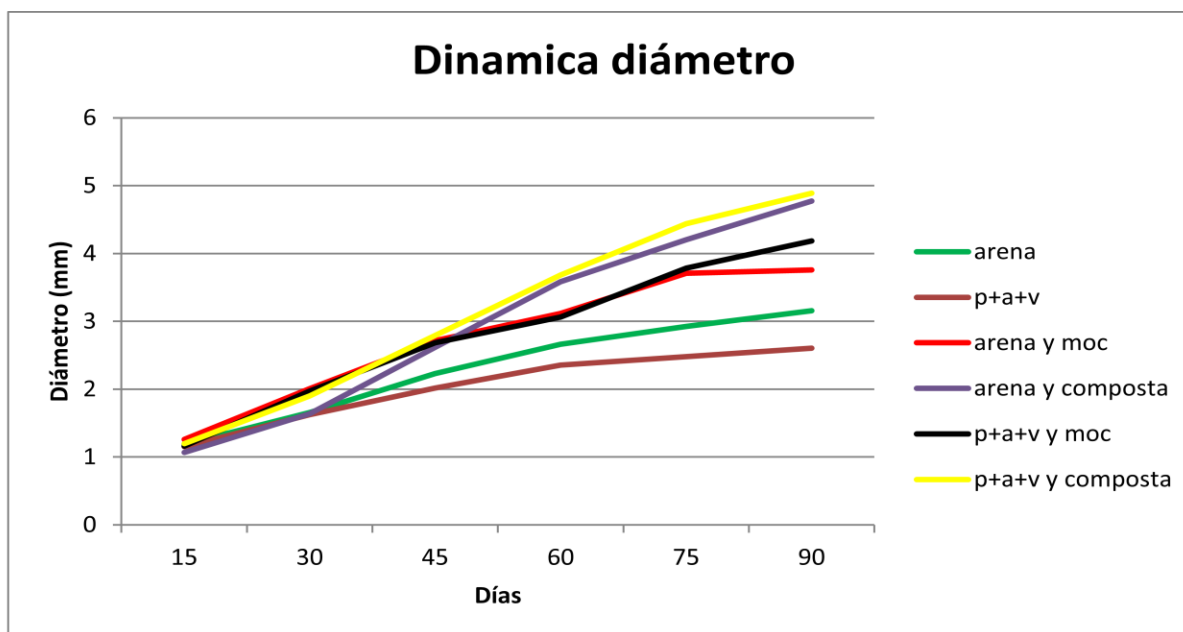


Gráfica 1. Efecto de los diferentes sustratos sobre la dinámica de altura en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) bajo condiciones de vivero en campo

Para la variable diámetro el factor que influyó en el crecimiento de las plantas fue el sustrato, (Gráfica 2), en donde se aprecia que los diámetros más grandes que se registraron fueron en los tratamientos en los que se adicionó alguna fuente de materia orgánica, siendo más notorio en T6 PAV+ COM, seguido de T4 arena de río + COM, resultados que coinciden con los obtenidos por Wencomo (2004), quien reportó un promedio de diámetro de 3 mm a las 10 semanas en *Leucaena* spp especie arbórea forrajera que al igual que el *P. dulce* es una leguminosa, pero estos contrastan con los obtenidos por Medina (2007), quien realizó estudios con *Moringa oleífera* y *L. leucocephala* y obtuvo diámetros de 9 y 6 mm respectivamente a las 14 semanas.

En la misma Gráfica 2, también se puede observar que el T3 arena+ MOC, es el tratamiento que presentó menor promedio de diámetro, pero este mismo sustrato cuando se le adiciona una fuente de materia orgánica como lo es la composta, cambia

radicalmente las condiciones de crecimiento para la planta, situación que puede tomarse en cuenta para que el productor pueda utilizar este sustrato en la producción de las especies arbóreas forrajeras, ya que es un sustrato local de la Región de Tierra Caliente.



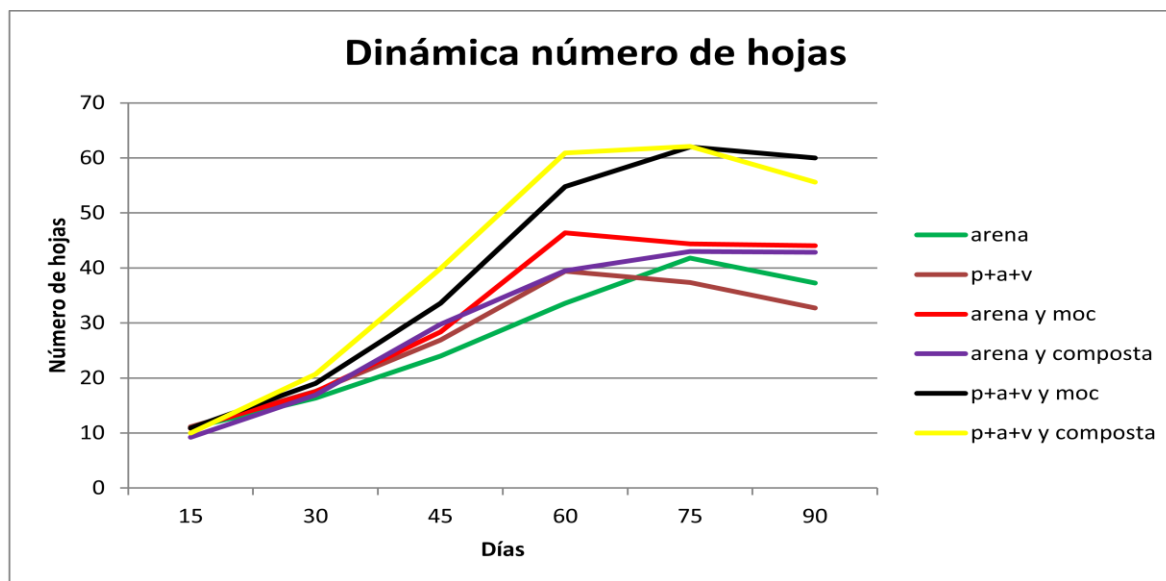
Gráfica 2. Efecto de los diferentes sustratos sobre la dinámica de diámetro del tallo de las plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) en condiciones de vivero en campo.

El análisis estadístico para número de hojas, indicó que el factor que influyó favorablemente en esta variable, fue el sustrato ($P < 0.05$), lo que puede observarse en la Gráfica 3, en donde el mayor número de hojas se presentó en T6 PAV+ COM seguido de T5 PAV+ MOC, tratamientos en los que se adicionó alguna fuente de materia orgánica.

Un factor que influyó para que el promedio de número de hojas disminuyera en algunos de los tratamientos, fue la presencia de hormiga arriera de la cual se observó su presencia a partir de la tercera medición, lo que se vio reflejado en los promedios obtenidos al final del experimento, esto coincide con Hidalgo *et al.*, (2006), quienes menciona que tales condiciones, como las relacionadas con el estrés biológico, causado por artrópodos plaga y enfermedades criptogámicas, se manifiestan en disminuciones de

área foliar por daño directo sobre las hojas o inducción de senescencia precoz de las mismas.

Una de las razones por la cual se decidió trabajar con esta especie, además de sus características nutricionales, fue por la cantidad de hojas que produce, si bien el tamaño de sus hojas no es tan grande como el de otras especies, el pinzan produce gran cantidad lo que es una característica favorable para la alimentación en la ganadería de la región.

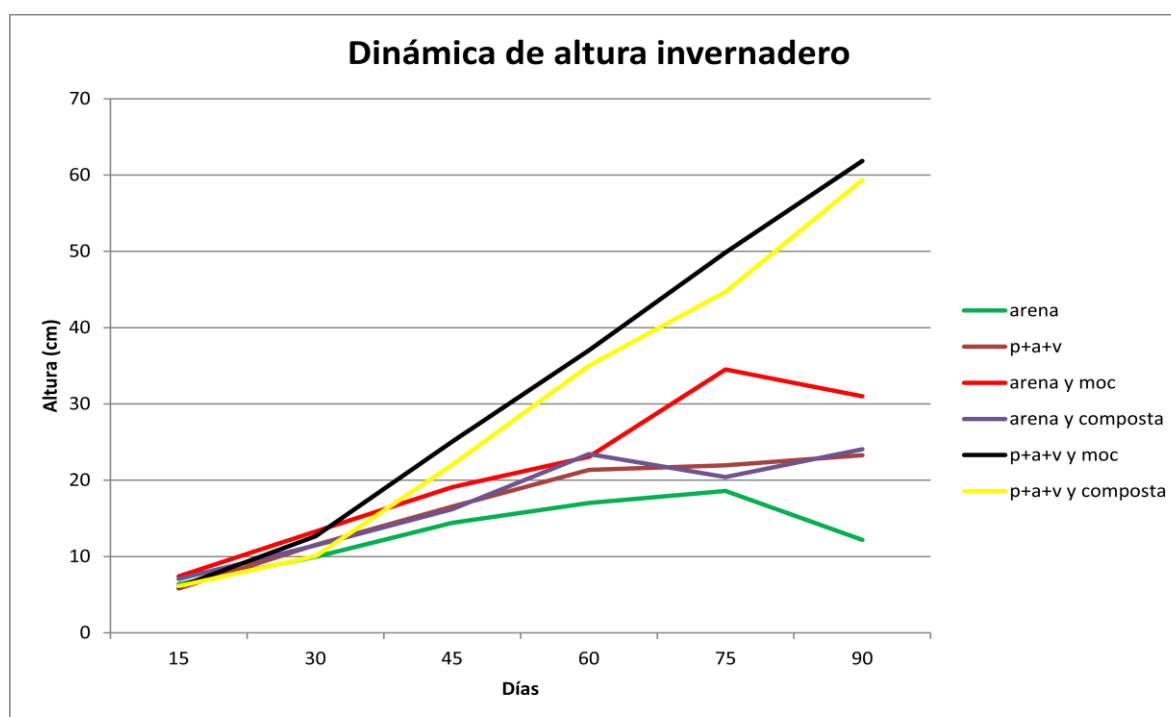


Gráfica 3. Efecto de los diferentes sustratos sobre la dinámica de número de hojas en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) en vivero bajo condiciones de campo.

En lo que se refiere a la variable altura en el experimento realizado bajo condiciones de invernadero, se observó el mismo patrón de crecimiento en los resultados del experimento de vivero en campo, en donde las plantas con mayor altura fueron aquellas a las que se les adicionó alguna fuente de materia orgánica (Gráfica 4).

Si bien no se está haciendo una comparación entre los resultados obtenidos entre las condiciones de vivero en campo con las de invernadero, cabe señalar que la altura de las plantas, en este último fue casi del doble de tamaño. El análisis estadístico indicó que la altura fue determinada por el factor sustrato, ($P < 0.05$), mostrando que el T5 PAV+ MOC presentó el mayor promedio de altura, seguido de T6 PAV+ COM.

Además del factor sustrato, otros de los factores que pudieron influir en los resultados fueron las condiciones ambientales que existen en el invernadero, como lo son: la temperatura, la humedad, la luminosidad, los cuidados controlados, esto coincide con los trabajos con samán margariteño (*Albizia lebbbeck*), leucaena ecotipo Trujillo (*L. leucocephala*) y bucare Anauco (*Erythrina fusca*), desarrollados por Medina et al., (2007), quienes sugieren que el patrón de comportamiento de la altura de estas plantas pudo estar relacionado con las condiciones ambientales favorables que prevalecieron durante el ensayo, la calidad de las semillas, el adecuado sustrato en que se desarrollaron las plántulas y las labores de mantenimiento, aspectos que influyen notablemente en el desarrollo de las especies arbóreas y arbustivas en la etapa inicial.

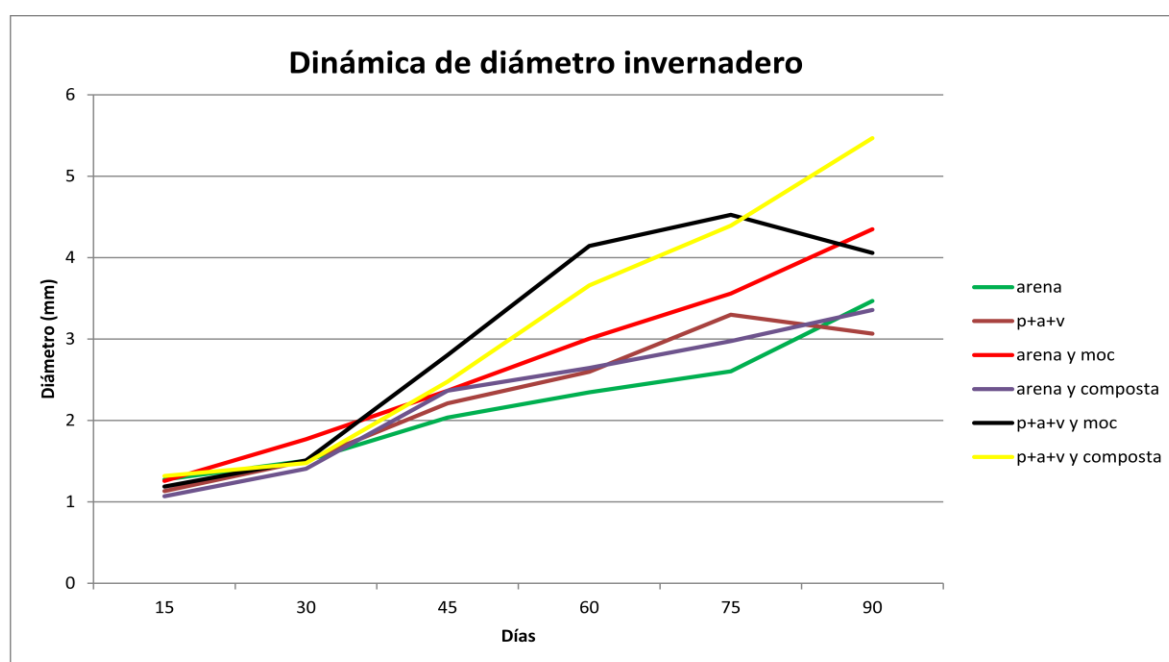


Gráfica 4. Efecto de los diferentes sustratos sobre la dinámica de altura de las plantas de (*Pithecellobium dulce*) bajo las condiciones de invernadero.

Los resultados estadísticos indicaron que el factor que influyó en el diámetro de las plantas, fue el factor sustrato, de tal manera que en la Gráfica 5, se puede observar que los tratamientos T6, T5 y T3, fueron los que presentaron diámetros mayores ($P < 0.05$).

Cano y Cetina (2004) mencionan que el diámetro del cuello es la medición morfológica más utilizada para determinar la calidad de planta; refleja su resistencia y el tamaño del sistema radical. A diámetros grandes proporcionan mejor soporte; además es considerado como un buen predictor de la altura y la supervivencia en el sitio de plantación (Prieto 2004).

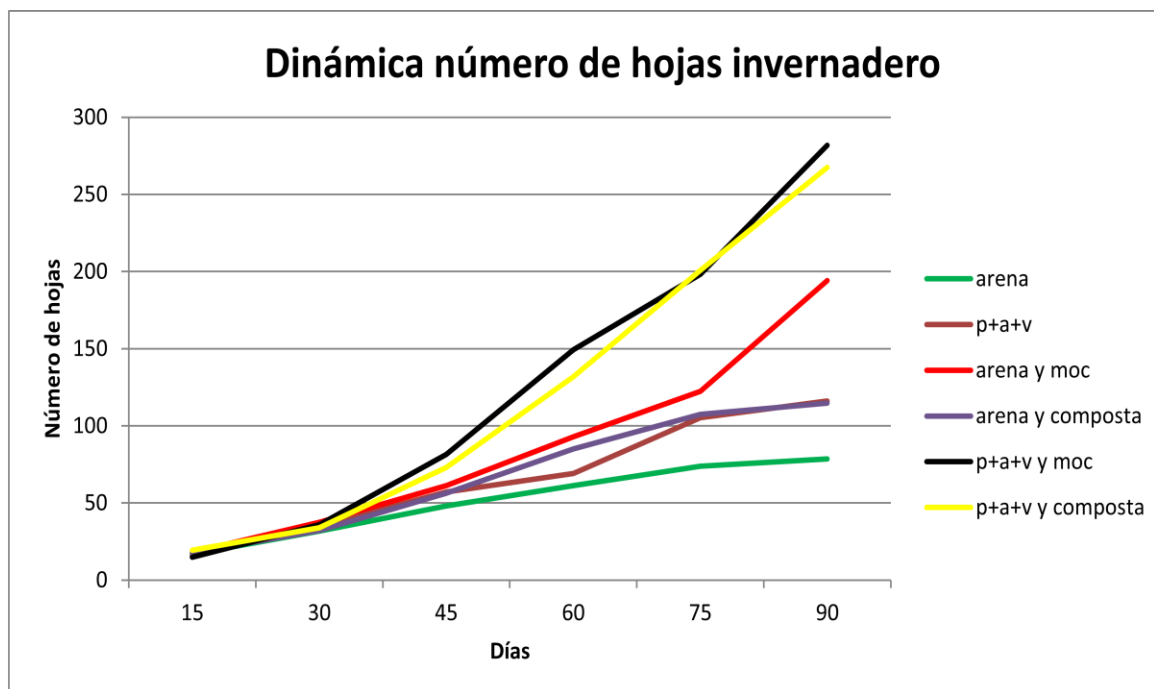
Como se puede ver, estas características en otras especies, pueden ser consideradas para realizar una selección en las plantas de pinzan, en el momento en que se decida hacer el cambio de vivero a la siembra directamente al campo.



Gráfica 5. Efecto de los diferentes sustratos sobre la dinámica de diámetro del tallo en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) bajo condiciones de invernadero

En cuanto a la variable de número de hojas en la Gráfica 6, se observa que T5 y T6 presentan los mayores promedios (281.8 y 267.5) seguidos de T3 con (194.1) aunque numéricamente estos tratamientos son diferentes, al realizar el análisis estadístico se pudo observar que estadísticamente fueron iguales ($P > 0.05$), pero diferentes estadísticamente ($P < 0.05$), al T1.

Como se sabe, el número de hojas que posea un árbol o una planta puede ser un indicativo de la cantidad de biomasa que este puede proporcionar a los animales, se puede observar que los promedios son mucho mayores bajo estas condiciones en comparación a los obtenidos en vivero bajo condiciones de campo.



Gráfica 6. Efecto de los diferentes sustratos sobre la dinámica del número de hojas en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*), bajo condiciones de invernadero.

En los resultados que se obtuvieron para la variable de área foliar en vivero bajo condiciones de campo, se puede observar que los tratamientos son estadísticamente iguales ($P > 0.05$), aunque se aprecia cierta tendencia a favor de los tratamientos a los que se les adiciona alguna fuente de materia orgánica (Gráfica 7).

En la misma Gráfica 7, se puede observar en los resultados del experimento bajo invernadero, el factor sustrato fue el que influyo significativamente ($P < 0.05$), en los resultados obtenidos para la variable de área foliar de las plantas bajo estas condiciones de experimentación, se observa que el T4 (arena + COM) y T6 (PAV+ COM), son

estadísticamente iguales ($P>0.05$), y que estos presentan los mayores promedios para esta variable.

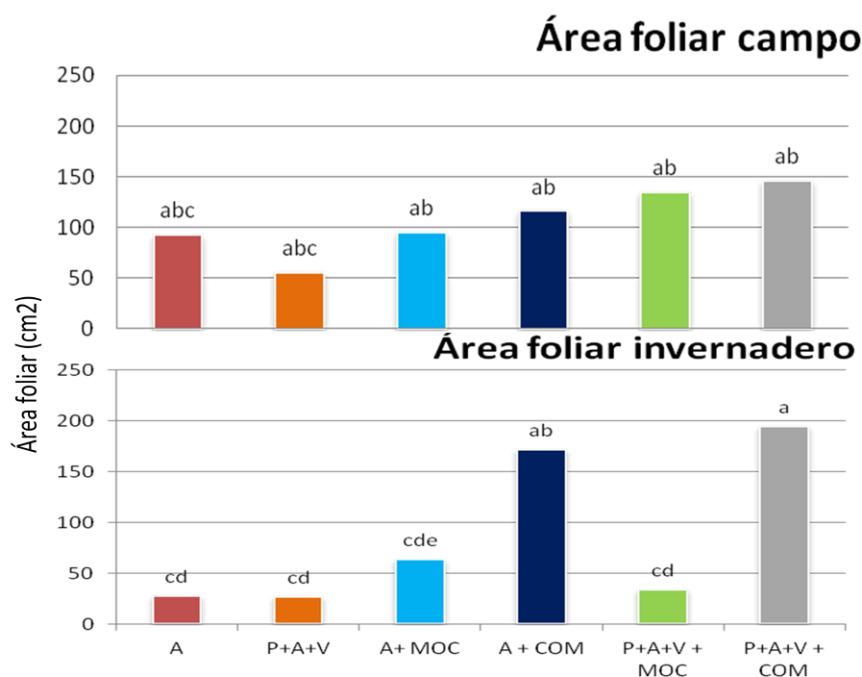
El área foliar es un indicador de la cantidad de hojas (biomasa) que la planta podrá proporcionar para la alimentación de los animales, indicando mediante esta variable la cantidad de producción que la planta podrá tener.

El área foliar de una planta se constituye en la materia prima para la fotosíntesis, por lo que es importante para la producción y acumulación de biomasa seca en los vegetales (Peixoto y Peixoto, 2009).

Su adecuada determinación durante el ciclo del cultivo posibilita conocer el crecimiento y el desarrollo de la planta, la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, la producción total de la planta (Teruel 1995; Costa 1999; Campostrini y Yamanishi, 2001).

En lo que respecta a los sustratos, se observó que la mezcla de P+A+V con la adición ya sea de MOC o COM, favorece el crecimiento de las plantas, lo que puede apreciarse en los resultados obtenidos en variables de crecimiento como la altura, diámetro del tallo, el número de hojas, durante este trabajo de investigación.

Estos resultados se atribuyen a las características que poseen estos sustratos, como quedó demostrado en el análisis estadístico, si bien se sabe que el adicionar alguna fuente de materia orgánica va a favorecer y a proporcionar nutrientes a las plantas, el sustrato también es de importancia, ya que de él dependerá la retención de agua y la oxigenación que se dé a través de la porosidad que este tenga, además del soporte que este proporcione a la planta.



T1 A= (Arena de río) T2= P+A+V (peat moss + agrolita + vermiculita) T3= A+MOC (Arena de río+ materia orgánica de campo) T4= A+COM (Arena de río+ composta) T5= P+A+V+MOC (peat moss + agrolita + vermiculita+ materia orgánica de campo) T6= P+A+V+COM (peat moss + agrolita + vermiculita+ composta)

Gráfica 7. Área foliar de las plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) en condiciones de vivero en campo e invernadero.

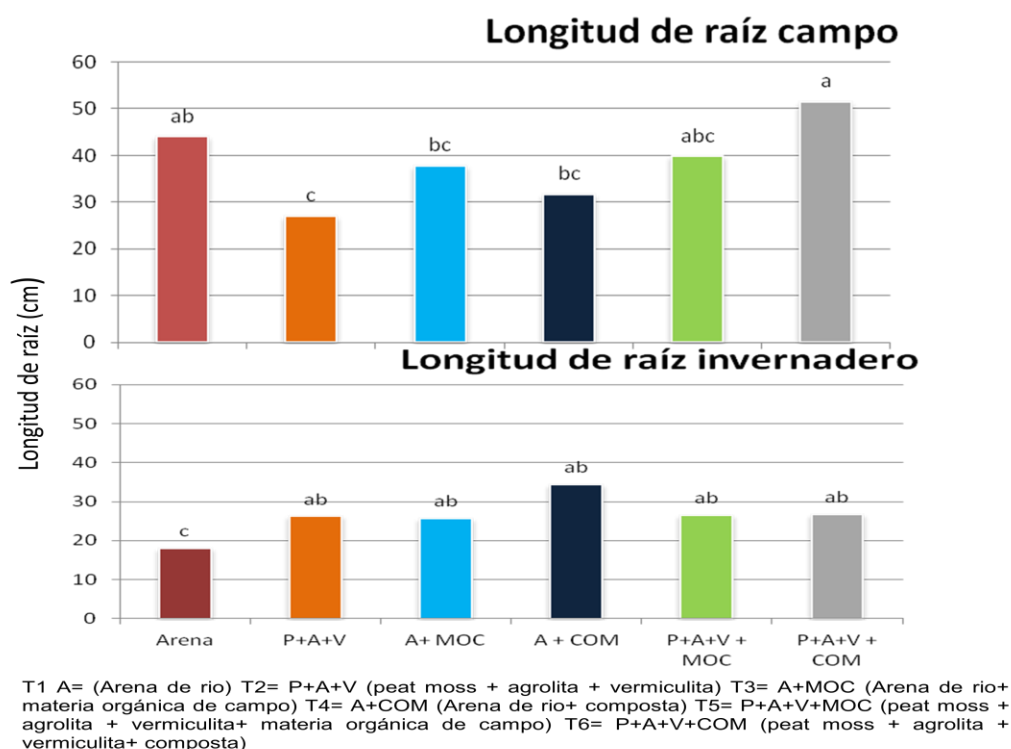
Respecto a la variable longitud de raíz, se puede observar que en el experimento de vivero en campo en el T6 (PAV+ COM), se presentaron los promedios de longitud de raíz más altos, seguidos del T1 (arena de río) y posteriormente de T4. Estos tratamientos antes mencionados son estadísticamente iguales ($P > 0.05$). El factor que influyó en la longitud de la raíz fue el factor sustrato y no el factor bolsa como pudiera esperarse (Gráfica 8), ($P < 0.05$).

En lo que respecta al trabajo realizado en invernadero, se puede señalar que el T1 (arena de río), fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) a todos los demás, siendo este el que presentó el menor promedio de longitud de raíz. Se observaron mayores longitudes de raíz en el trabajo realizado bajo condiciones de campo.

Con base en los resultados obtenidos se puede indicar que las raíces de *P. dulce* tienen buen crecimiento, esto posiblemente se deba a que el pinzan es una especie que se desarrolla bajo condiciones de aridez, por lo cual desarrolla un sistema radical con

características que le permitan establecerse en campo lo que coincide con (García y Vargas, 2000), quienes mencionan que una característica importante para el éxito en el establecimiento y supervivencia de las plantas es el crecimiento y desarrollo de la raíz, pues de ésta depende en gran medida la absorción de agua y nutrimentos esenciales para diversos procesos fisiológicos. Las modificaciones al sistema radical, en respuesta a condiciones de sequía, son de importancia para la adaptación de la planta a su ambiente.

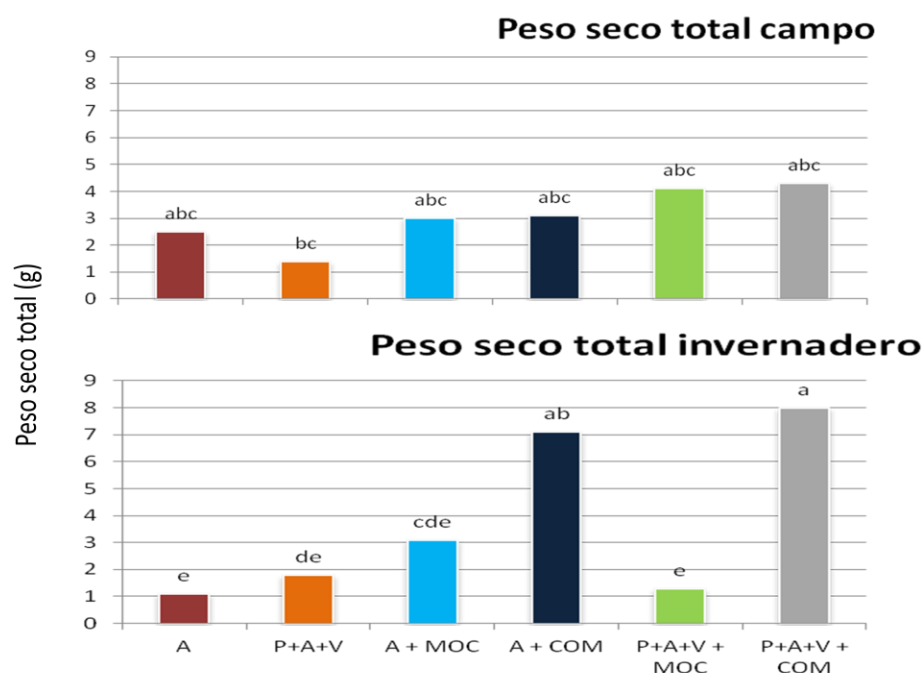
El adecuado crecimiento de la raíz muchas veces depende del tamaño y forma de los contenedores en los que se realiza la siembra de las plantas, y esto puede traer a su vez algunos problemas. Al realizar la revisión de la longitud de raíz para las plantas bajo las dos condiciones (vivero en campo e invernadero), se observó que en algunos casos en el contenedor más ancho, la raíz se encontraba en forma de espiral alrededor del contenedor, lo que puede ocasionar algunos problemas cuando se hace el trasplante de vivero a campo como lo menciona Burdett (1979), quien señala que el crecimiento en espiral de la raíz no afecta adversamente el crecimiento mientras la planta permanece en el vivero, pero después de la plantación en campo puede reducir seriamente su calidad.



Gráfica 8. Longitud de raíz de las plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) en condiciones de vivero en campo e invernadero.

En cuanto a la variable peso seco total, se puede observar que en el trabajo realizado bajo condiciones de campo, no hubo diferencias entre los tratamientos establecidos ($P>0.05$), solo se observó una tendencia de mayores promedios en aquellos tratamientos en los cuales se adicionó una fuente de materia orgánica (Gráfica 9).

Para la misma variable pero bajo condiciones de invernadero se observó que estadísticamente hubo diferencias significativas ($P<0.05$), tal y como se puede apreciar en la Gráfica 9, los T4 y T5 son los tratamientos que mostraron mayores promedios para esta variable, el factor que tuvo influencia en estos resultados fue el factor sustrato. El peso seco total es determinado a partir de los demás componentes de la planta, como son las hojas, tallo y raíz, para que se dé el crecimiento de estos componentes es necesaria la presencia de varios factores como son luz, agua y nutrientes, por esta razón los resultados observados en el peso seco total de las plantas de *P. dulce*, bajo las condiciones de invernadero en T4 y T6, se le atribuyen al sustrato, quizá porque en dichos tratamientos se utilizó una fuente nutritiva como lo fue la composta y la materia orgánica de campo.



T1 A= (Arena de río) T2= P+A+V (peat moss + agrolita + vermiculita) T3= A+MOC (Arena de río+ materia orgánica de campo) T4= A+COM (Arena de río+ composta) T5= P+A+V+MOC (peat moss + agrolita + vermiculita+ materia orgánica de campo) T6= P+A+V+COM (peat moss + agrolita + vermiculita+ composta)

Gráfica 9. Peso seco total de plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*), bajo condiciones de campo e invernadero.

Para las variables en peso fresco y seco de raíz, tallo, hoja y pesos totales, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos ($P < 0.05$), como se muestra en el Cuadro 1. Es importante señalar que para todas las variables tanto en bolsa ancha como para la bolsa larga, los mayores promedios se presentaron en el T6 (PAV + COM). En la variable peso fresco de raíz, son mayores los promedios para la bolsa larga ($P < 0.05$), y se aprecia la misma tendencia de que los promedios son mayores en los tratamientos a los que se les adiciono alguna fuente de materia orgánica.

	SUSTRATO	Peso fresco raíz (g)	Peso fresco tallo (g)	Peso fresco hoja (g)	Peso fresco total (g)	Peso seco raíz (g)	Peso seco Tallo (g)	Peso seco hoja (g)	Peso seco total (g)
BOLSA ANCHA	ARENA	3 bc	2 bc	1.4 a	6.6 bc	0.9 b	1.1 abc	0.4 a	2.5 abc
	ARENA Y MOC	2.2 bc	3.7 abc	1.9 a	7.8 abc	0.7 b	1.4 abc	0.7 a	3 abc
	ARENA Y COM	2.8 bc	4.1 abc	2 a	9 abc	0.6 b	1.7 abc	0.7 a	3.1 abc
	P+A+V	1.6 c	0.9 c	0.5 a	3.1 c	0.5 b	0.5 bc	0.2 a	1.4 bc
	P+A+VYMOC	3.8 abc	3.6 abc	2.5 a	9.9 abc	0.9 b	1.2 abc	0.9 a	4.1 abc
	P+A+VYCOM	5.3 ab	4.4 ab	2.5 a	12.3 ab	1.5 ab	1.8 ab	0.9 a	4.3 abc
BOLSA LARGA	ARENA	2.8 bc	1.6 bc	0.8 a	5.4 bc	1.1 ab	0.8 abc	0.4 a	2.2 abc
	ARENA Y MOC	4.1 abc	3.6 abc	2.4 a	10.3 abc	1.6 ab	1.7 abc	1 a	4.5 ab
	ARENA Y COM	5 ab	3.9 abc	1.9 a	10.8 abc	1.7 ab	1.6 abc	0.7 a	4.2 abc
	P+A+V	1.7 c	0.8 c	0.5 a	3.1 c	0.5 b	0.3 c	0.4 a	0.9 c
	P+A+VYMOC	4.7 abc	3.2 abc	2.2 a	10.3 abc	1.5 ab	1.5 abc	0.8 a	4.3 abc
	P+A+VYCOM	6.7 a	5.6 a	3 a	15.4 a	2.4 a	2 a	1.1 a	5.7 a

Cuadro 1. Valores promedio por tratamiento en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) bajo condiciones de vivero en campo. Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P > 0.05$). MOC= Materia orgánica de campo, COM= Composta, PAV= Peat moss + agrolita + vermiculita.

Para las demás variables pero bajo condiciones de invernadero, se pudo observar que, para la bolsa ancha se presentaron los mayores promedios en la variable peso seco total,

esto debido a la superioridad en los demás componentes de la planta como son peso de raíz y de tallo (Cuadro 2).

El aumento relativo del peso de tallos en la planta debido a la lignificación, indica la existencia de una transformación fisiológica, de un estado joven a maduro (Humphreys, 1991). En las plantas jóvenes el tejido foliar que tiene gran contenido de agua debido a sus importantes funciones de intercambio de gases, fotosíntesis y transporte de nutrimentos y minerales, constituye la mayor parte del peso fresco (Bänziger, 1997).

		Peso fresco raíz (g)	Peso fresco tallo (g)	Peso fresco hoja (g)	Peso fresco total (g)	Peso seco raíz (g)	Peso seco tallo (g)	Peso seco hoja (g)	Peso seco total (g)
SUSTRATO									
BOLSA ANCHA	ARENA	1.1 c	1 d	0.8 c	3.1 d	0.3 d	0.4 b	0.3 d	1.1 e
	ARENA Y MOC	3.2 bc	2.2 bcd	2.4 bc	8 bcd	1.2 abcd	0.9 b	0.9 abcd	3.1cde
	ARENA Y COM	6.6 ab	7.5 ab	8.8 a	22.9 a	2.5 a	2.2 ab	2.3 a	7.1 ab
	P+A+V	1.8 c	1.3 d	1.1 c	4.2 d	0.8 bcd	0.6 b	0.3 d	1.8 de
	P+A+VYMOC	1.5 c	1 d	1.1 c	3.7 d	0.4 cd	0.5 b	0.4 cd	1.8 e
	P+A+VYCOM	8 a	10.1 a	6.1 ab	24.2 a	1.7 abc	4 a	2.3 a	8 a
BOLSA LARGA	ARENA	1.9 c	1.2 d	0.9 c	4.1 d	0.9 bcd	0.3 b	0.3 d	1.6 e
	ARENA Y MOC	3.8 abc	2.7 bcd	2.7 bc	9.3 bcd	1 bcd	1 b	1.3 abcd	3.3 bcde
	ARENA Y COM	8.1 a	6.6 abc	5.5 ab	20.3 ab	1.9 ab	1.9 b	1.9 ab	5.8 abc
	P+A+V	1.5 c	0.8 d	0.7 c	3.1 d	0.9 bcd	0.4 b	0.3 d	1.78 e
	P+A+VYMOC	2.5 bc	1.5 cd	1.2 c	5.3 cd	0.9 bcd	0.5 b	0.6 bcd	2.1 cde
	P+A+VYCOM	5.5 abc	6.8 abc	4.8 abc	17.2 abc	1.3 abcd	2.2 ab	1.9 abc	5.5 abcd

Cuadro 2. Valores promedio por tratamiento en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) bajo condiciones de invernadero. Medias con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P>0.05$). MOC= Materia orgánica de campo, COM= Composta, PAV= Peat moss + agrolita + vermiculita.

CONCLUSIONES

En base en los resultados obtenidos se puede sugerir que se utilicen las mezclas de sustratos de PAV + MOC y PAV + COM, ya que según los resultados obtenidos, en estos sustratos se observaron los mayores promedios en las diferentes variables evaluadas.

Con respecto al contenedor, aunque no se observaron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos a consecuencia del tamaño de contenedor, se sugiere que se utilice el contenedor largo con la finalidad de que la raíz no crezca en espiral como se alcanzó a observar en algunos de los tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

Abad M. 1993. **Sustratos. Características y propiedades.** In: Cultivos sin suelo. F. Cánovas y J.R. Díaz. (ed.). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA. p. 47-62.

Abad M., Noguera P. 1997. **Los sustratos en los cultivos sin suelo.** En: Manual de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (ed.). Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones. p. 101-150.

Amaro J. A., García E., Henríquez J. F. 2004. **Análisis del crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas del pasto "mulato" (*Brachiaria híbrida* cv.).** Tecnología Pecuaria Mexicana. 42 (3): 447-458.

Bänziger M., Edmeades G. O., Bolaños J. 1997. **Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo.** Agronomía Mesoamericana. 8 (1): 20-25.

Bonfil S. C., Cajero L. I., Evans Y. R. 2008. **Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México.** Agrociencia 42 (7): 1-11.

Burdett A. N. 1979. **Juvenile instability in planted pines.** Irish Forestry 36 (1): 36-47.

Buurman P., Ibrahim M. Amezquita M. 2004. **Mitigation of greenhouse gas emission by tropical silvopastoral systems: Optimims and feets.** 2nd. International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma de Yucatán. México. p 62.

Campostrini E., Yamanishi O. 2001. **Estimativa da área foliar do mamoeiro utilizando o comprimento da nervadura central.** Scientia Agrícola. 58 (1): 39-42.

Cano P. A y Cetina A. V. M. 2004. **Calidad de planta en vivero y prácticas que influyen en su producción.** Folleto Técnico N°.12. Campo experimental Saltillo. INIFAP-CIRNE. Coahuila, México. p. 24.

Cornelissen J. H., Castro D. P., Hunt R. 1996. **Seedling Growth, Allocation and Leaf Attributes in a Wide Range of Woody Plant Species and Types.** Journal of Ecology. 84: 755-765.

Costa M.1999. **Efeitos de diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidade na cultura do meloeiro.** (Tesis Ph. D) Universidade Estatal de Sao Paulo, Botucatu, p.115.

De Grazia J., Tiftonell P. A., Chiesa A. 2006. **Efecto de sustratos con composta y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*).** Ciencia Investigación Agropecuaria. 34 (3): 195-204.

Domínguez L. S., Carrasco M. I., Herrero S. N., Ocaña B. L., Nicolás P. J. L., Peñuelas R. J. L. 2000. **Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de plantas de *Pinus pinea* en campo.** Actas del primer Simposio sobre el Pino piñonero. Valladolid España. p 203-209.

Domínguez L. S., Herrero S. N., Carrasco M. I., Ocaña B. L., Peñuelas R. J. L y Mexal J. G. 2006. **Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling developmen in the nursery and field.** Forest Ecology and Management. 221: 63 -71.

García F. M and Vargas H.J.J. 2000. **Growth and biomass allocation of *Gliricidia sepium* seed sources under drought conditions.** Journal of Sustainable Forestry 10: 45-50.

Gil A. I., Miranda D. 2007. **Efecto de cinco sustratos sobre índices de crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) bajo invernadero.** Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 1 (2): 142-153.

Hidalgo M., Tapia A., Rodríguez W., Serrano E. 2006. **Efecto de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) sobre la fotosíntesis y transpiración foliar del banano *Musa AAA cv. Valery*.** Agronomía Costarricense 30 (1): 35-41.

Hine D. 1991. **Efecto de tres niveles de fertilización nitrogenada y dos sustratos de crecimiento sobre la nutrición y producción de Maranta Roja (*Maranta leuconeura*).** (Tesis Ing. Agr.) San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. p.38.

Humphreys L. R. 1991. **Effects of defoliation on the growth of tropical pastures.** Tropical Pasture Utilitation. Cambridge University Press. pp. 46-65.

Hunt R., Causton D. R., Shipley B., Askew A. P. 2002. **A modern tool for classical growth analysis.** Annals of Botany. 90: 485-488.

Iglesias G. L., Alarcón B. M. 1994. **Preparación de sustratos artificiales para la producción de plántula en vivero**. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Chihuahua, México. p.31.

Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Información (INEGI). 2000. **XII Censo general de población y vivienda**. Resultados preliminares. Michoacán, México.167-171.

Katan J. 1981. **Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests**. Ann. Revista Phytopathol. 19: 311-336.

Korner C. 1991. **Some Often Overlooked Plant Characteristics as Determinants of Plant Growth: a Considerations**. Functional Ecology. 5: 162-173.

Lambers H., Poorter H. 1992. **Inherent Variation in Growth Rate Between Higher Plants: A Search for Physiological Causes and Ecological Consequences**. Advances in Ecological Research. 23: 187-261.

Landis T. D., Tinus R. W., McDonald S. E., Barnett J. P. 1990. **Containers and Growing Media**. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. (2). p.88.

Landis T. D., Tinus R. W., Barnett J. P. 1998. **The container tree nursery manual. Seedling propagation**. Agriculture Handbook 674. Washington, D.C., USDA Forest Service. 6. p. 166.

Lemus L. H., Lemus V. E. 2004. **Plantas de uso forrajero en el trópico cálido y templado de Colombia**. Tercera edición, Unillanos. p. 344-346.

Liegel L. H., Venator C. R. 1987. **A technical guide for forest nursery management in Caribbean and Latin America**. USDA., For.Ser. Southern Forest Experiment Station General Technical Reports. SO-67. p. 37-42.

Martínez M. F. 1994. **Características físicas de algunos sustratos y mezclas que se ocupan en vivero**. Manual básico de sustratos. p.30.

Medina G. M. 2007. **Estudio comparativo de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapainicial de crecimiento**. Zootecnia Trop. 25 (2): 83.

Medina G. M. 2006. **Germoplasma disponible para desarrollar sistemas agroforestales en el estado Trujillo**. Memoria I Curso Nacional de Agroforestería "Metodología de evaluación para sistemas agroforestales". INIA. Trujillo, Venezuela. p. 5.

Medina G. M., García D. E., Moratinos P., Cova L. J. 2011. **Comparación de tres leguminosas arbóreas sembradas en un sustrato alcalino durante el período de aviveramiento. I. Variables morfo estructurales**. Pastos y Forrajes. 34 (1): 37-52.

Muyan G. D., White P. J. 2001. **Seedling quality: making informed choices**. Bushcare and the Department of Conservación and Land Management Wheatbelt Region, Australia. p.24.

Murgueitio E., Rosales, M., Gómez, M. E. 1999. **Agroforestería para la producción animal sostenible**. CIPAV. Colombia. p.10.

Murgueitio E., Muhammad I. 2000. **Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica** Ponencia presentada en el XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, Panamá. Livestock Research for Rural Development. (13) 3 <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/3/murg133.htm> .

Ortega U. J., Majada A., Mena P. J., Sánchez Z. N., Rodríguez I. K., Txarterina J. A., Duñabeitia M. 2006. **Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers**. New Forest. 31: 97-112.

Pastor S. J. N. 1999. **Utilización de sustratos en viveros**. Tierra Latinoamericana. 17 (3): 231-235.

Peixoto C. P., Peixoto M. 2009. **Dinâmica do crescimento vegetal: Princípios básicos. En: Tópicos em Ciências Agrárias**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. 1: 40-53.

Prieto R. J. A. 2004. **Factores que influyen en la producción de planta de pino en vivero y en su establecimiento en campo**. (Tesis de Doctorado). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares N.L. México. p.110.

Reffye P., Heuvelink E., Barthelemy D. 2008. **Plant Growth Models** Encyclopedia of Ecology. p. 2837.

Rodríguez L. R. 2010. **Manual de Prácticas en Viveros Forestales**. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Área Académica de Ingeniería Forestal. p.1-10.

Sánchez V. J. R. 1998. **Tipos de contenedor**. Segunda Reunión Nacional sobre Producción de Planta en Contenedor. Comisión Nacional, Guadalajara Jal, México. p.12.

Smiderle O. J., Busch S. A., Hissae H. A y Minami K. 2001. **Produção de mudas de alface, pepino e pimiento en sustratos combinado areia, solo e Plantmax®**. Hortic. Brás. 19 (3): 386-390.

Toral O. 1998. **Comportamiento de especies arbóreas forrajeras en sus primeras etapas de desarrollo**. Pastos y Forrajes. 21 (4): 293.

Toral O. 2000. **La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En: Los árboles y arbustos en la ganadería**. Tomo II. Nuevos aportes del silvopastoreo. (Ed. L. Simón) Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p.1.

Teruel, D. 1995. **Modelagem do índice de área foliar de cana açúcar em diferentes regimes hídricos.** (Tesis M.Sc). Escola Superior de Agricultura, ESALQ, Piracicaba.

Wencomo H. 2004. **Evaluación de 50 accesiones de *Leucaena* spp. en la fase de vivero.** Pastos y Forrajes. 27 (4): 321.

CAPITULO III

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE PINZAN (*Pithecellobium dulce*), ESTABLECIDAS DIRECTAMENTE EN CAMPO

¹Villalba-Sánchez C.A., ¹Gutiérrez-Vázquez E., ¹Juárez- Caratachea A., ¹López-Pérez L.,
²Castillo-Caamal J.B., ¹Martínez-Palacios A.

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. ²Universidad Autónoma de Yucatán.

RESUMEN

Se evaluaron diferentes dosis de fertilizante químico: Fosfato Diamónico (DAP), con una composición de 18% de nitrógeno, 46% de fósforo y 0% de potasio, sobre el crecimiento de plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) establecidas directamente en campo. Los 4 tratamientos utilizados fueron: T1 2.5 g, T2 5g y T3 10 g y T/C (control), cada uno con 10 repeticiones. Las variables que se midieron fueron altura y diámetro, las mediciones se realizaron una vez al mes. Para ello se sembraron 360 semillas en 120 pozos, a una distancia de 3 metros entre pozo y pozo, en una parcela en el municipio de Carácuaro, a todas las semillas se les aplicó una escarificación mecánica durante 15 minutos con lija del número 80, se sembraron 3 semillas por pozo con la finalidad de asegurar su establecimiento. En donde germinaron las tres semillas se sacrificaron las de menor tamaño y se dejaron las que por sus características se mostraron más fuertes, las semillas sembradas se regaron 2 veces por semana. Se obtuvo un bajo porcentaje de germinación (30%), resultado que se atribuyó a una lluvia torrencial atípica en la región que ahogó a varias de las semillas sembradas, el fertilizante se aplicó directamente al rededor del tallo y del cajete cuando la planta tenía 2 meses de edad. Los resultados que se obtuvieron fueron: para la variable altura se observó que el T/C presentó el mayor promedio 37.2 cm, seguida de T1 con un promedio de 35.2 cm, para la variable diámetro el T1 presentó un promedio de 4.6 mm, seguido del T/C con un promedio de 4.4 mm. El análisis estadístico indicó que no existieron diferencias significativas entre tratamientos, ($P>0.05$) se sugiere realizar mediciones durante más tiempo para determinar si posteriormente se observa alguna influencia del fertilizante sobre las plantas establecidas.

Palabras claves: altura de las plantas, siembra directa en campo, diámetro de tallo

ABSTRACT

Different doses of chemical fertilizer were evaluated: diammonium phosphate (DAP), with a composition of 18% nitrogen, 46% phosphorous and 0% potassium on the growth of plants pinzan (*Pithecellobium dulce*) set directly in the field. The 4 treatments were: 2.5 g T1, T2 and T3 5g 10 g and T/C (control), each with 10 repetitions. The variables measured were height and diameter measurements were performed once a month. This 360 seeds were sown in 120 wells at a distance of 3 meters between wells , on a parcel in the town of Carácuaro , all seeds were mechanically scarified applied for 15 minutes with sandpaper number 80 , is planted 3 seeds per well in order to ensure your property. Where germinated seeds were sacrificed three smaller ones and allowed the showing characteristics were stronger, the sown seeds were watered 2 times a week. Low germination percentage (30 %) , a result that was attributed to an atypical torrential rain in the region choking several of the sown seed, fertilizer was applied directly around the stem and the bowl is when the plant was obtained 2 months. The results obtained were : for the height variable is observed that the T / C had the highest average 37.2 cm, followed by T1 with an average of 35.2 cm for the diameter varying the T1 I present an average of 4.6 mm , followed by T / C with an average of 4.4 mm . Statistical analysis indicated that there were no significant differences between treatments are suggested for longer measurements to determine if any further influence of fertilizer on established plants is observed.

Keywords: plants height, tillage field, stem diameter.

INTRODUCCIÓN

El estudio integral de los árboles y arbustos es multidisciplinario y multinstitucional, y forma parte de una actividad diversa que es la agroforestería, la cual se encuentra en auge creciente en áreas tropicales y templadas del mundo como una opción que, constituye eficazmente a la sostenibilidad del entorno y para mitigar los efectos negativos de la erosión y la sequía, así como para diversificar la ganadería, entre otros beneficios contenidos en los sistemas agroforestales (Murgueitio *et al.*, 1999; Buurman *et al.*, 2004).

La definición de Sistemas Agroforestales propuesta por Combe y Budowski (1979), los presentan como "un conjunto de técnicas de uso de la tierra que implican la combinación o asociación deliberada de un componente leñoso (forestal o frutal) con ganadería y/o cultivos en el mismo terreno, con interacciones significativas ecológicas y/o económicas entre sus componentes.

Los sistemas agroforestales ofrecen una alternativa sostenible para aumentar la biodiversidad animal y vegetal, y para aumentar los niveles de producción animal con reducida dependencia de los insumos externos. Con ellos se trata de aprovechar las ventajas de varios estratos de la vegetación, como se ha enfatizado desde hace tiempo en el Sudeste Asiático (Nitis *et al.*, 1991), y de mejorar la dieta animal proporcionando una diversidad de alimentos, forrajes, flores y frutos, que permiten al animal variar su dieta y aumentar su nivel de producción.

Pero en la actualidad en muchas zonas de los trópicos subhúmedos y semiáridos, la producción ganadera se ve seriamente limitada por la escasez y la baja calidad de forraje durante la estación seca. El bajo contenido de proteína cruda es la limitación más común de la producción ganadera de los pastos nativos y algunos sistemas se han desarrollado para complementar o mejorar la ingesta de proteína cruda de los animales que pastorean en pastos nativos mediante el acceso, ya sea por temporadas o todo el año. Para ello se establecen áreas sembradas de leguminosas arbóreas tropicales que forman lo que se conoce como un banco de proteínas. Esta forma de disposición de una alta calidad de forraje para el ganado se ha utilizado con éxito utilizando *Leucaena leucocephala* como suplemento alimenticio para el ganado en pastos nativos (Solorio y Solorio, 2002).

Una de las especies que se consideran como promisorias dentro de la ganadería y que pudiera considerarse, para ser establecida en un sistema como el antes mencionado, es el pinzan (*Pithecellobium dulce*), el cual pertenece a la familia Leguminosae, son árboles de hasta 20 metros de altura, diámetro de 60 cm y son perennifolios. Registra contenido de proteína de 19.5, 1.4 de calcio, 0.3 de fósforo y 31.8 de fibra detergente neutro (FDN) (González *et al.*, 2007). Esta especie es utilizada para el consumo humano y como forraje para el ganado, la época de fructificación es principalmente entre los meses de febrero-mayo.

Si bien se tienen conocimiento de varias especies que pueden ser establecidas con la finalidad de ser utilizadas para la alimentación en la ganadería, se desconocen aspectos importantes como es la fertilización para lograr un establecimiento efectivo, aparte es poca la información disponible que permita el establecimiento de un conjunto de especies arbóreas en sistemas de pastura en regiones tropicales (Sánchez, 1999).

En lo que respecta a la fertilización, Castro y Gómez (2010), han propuesto el término fertilización como una serie de actividades y condiciones que conllevan a asegurar a la planta las cantidades adecuadas de elementos esenciales, que le permitan expresar su potencial genético mediante procesos de nutrición mineral eficientes. Dichas actividades han sido estudiadas alrededor del mundo para diferentes especies principalmente de uso agronómico.

La productividad de un suelo está ampliamente correlacionada con su fertilidad, la cual se dice que es baja cuando el contenido de uno o más de los elementos nutritivos es reducido, o porque siendo suficiente se encuentra formando compuestos complejos insolubles o de muy lento proceso de solubilidad. En estos casos la adición de fertilizantes a los suelos de baja fertilidad en las formas químicas, composición y cantidades adecuadas puede elevar apreciablemente la productividad de esos suelos, siempre y cuando los otros factores esenciales de humedad, luz y temperatura sean favorables (Rojas, 1980, citado por Olivares 1995).

El problema de la fertilidad de suelos se encuentra estrechamente relacionado con un balance negativo de nutrimentos, y es uno de los principales problemas a los que se enfrentan los sistemas de producción agropecuarios (Craswell *et al.*, 2004).

En el sistema suelo-planta, los nutrimentos de la planta están en un estado de continua transferencia dinámica. Las plantas toman los alimentos del suelo y los utilizan para los procesos metabólicos. Algunas de las partes de la planta tales como hojas y raíces muertas vuelven al suelo durante el crecimiento vegetal, y dependiendo del tipo de utilización del suelo y de la naturaleza de las plantas, las partes de la planta son adicionadas al suelo (Nair, 1993).

Dependiendo del estado nutricional de la planta, una aplicación de fertilizantes puede causar diferentes reacciones de comportamiento fotosintético, respiratorio y de transpiración. Los nutrientes minerales pueden afectar la fotosíntesis (la base de la producción de materia seca), pigmentos y enzimas (Keller, 1967, citado por Olivares, 1995), el mismo autor se refiere a Bara (1986) quién dice que la fertilización debe estar dentro de un contexto de equilibrio ya que la adición de un nutriente deficitario, si no va acompañado de otros que ajusten el equilibrio general, puede producir un efecto adverso, en lugar de estimulante.

Las plantas tienen necesidad de no menos 16 elementos químicos de los cuales los más importantes son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, carbono, hidrógeno y oxígeno. Generalmente, estos tres últimos elementos son obtenidos directamente del bióxido de carbono y del agua, por lo que usualmente no son limitantes excepto en suelos pantanosos y ambientes muy secos (Liegel y Venator, 1987).

Nitrógeno: el N es un elemento esencial que absorben las plantas en forma soluble: iones de amonio, nitrato y componentes nitrogenados de bajo peso molecular. El N forma parte de los aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas, porfirinas, amidas, aminos además de enzimas (Bidwell, 1990).

El nitrógeno tiene un papel importante en las reacciones metabólicas por lo que las plantas exigen grandes cantidades de este elemento para efectuar un rendimiento en el aumento de volumen y peso (Salisbury y Ross, 1994; Marschner, 1995; Mengel y Kirkby, 2001). Este nutrimento es el que con más frecuencia limita el crecimiento vegetativo, su disponibilidad depende en gran parte de la actividad biológica del suelo, la cual a su vez requiere condiciones óptimas de humedad, temperatura y aireación.

Fósforo: el fósforo (P) es un componente indispensable de los núcleos de las células vegetales (lipoides de fósforo, ácidos nucleicos), es parte integral de las biomoléculas de importancia central en el metabolismo (adenosín trifosfato) es en síntesis, un elemento clave de las proteínas y de los ciclos de asimilación y desasimilación (Zöttl *et al.*, 1971).

Potasio: El potasio (K) es el nutriente de mayor movilidad, la utilización de éste por la planta siempre se da como K^+ , se acumula en aquellas partes en las que la división celular y procesos vegetativos son activos. El potasio no es un componente de los tejidos vegetales pero se presenta solubilizado en la savia de la célula como regulador osmótico (Zöttl *et al.*, 1971). El potasio cumple con la función de regular la apertura y el cierre de los estomas, promueve la formación de almidones y azúcares, mantiene la turgidez de las hojas del árbol y favorece la rectitud del fuste (Vera, 2009).

Por los motivos anteriormente mencionados el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes dosis de fertilizante químico: Fosfato Diamónico (DAP), con una composición de 18% de nitrógeno, 46% de fósforo y 0% de potasio, sobre el crecimiento de plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*) establecidas directamente en campo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Localización: el trabajo se realizó en el rancho de la Cañada de Zacapungamio municipio de Carácuaro, Michoacán, el cual se localiza al sureste del estado entre los 19° 01' latitud norte y 101° 08' al longitud oeste, a 540 msnm. Temperatura media anual 22° C. La de invierno oscila entre 18° con una precipitación anual de 800 a 1000 mm. El clima es cálido húmedo (INEGI, 2000).

Determinación de la viabilidad de la semilla por el método de flotación: Después de la recolección de la semilla se procedió a determinar su viabilidad, depositándolas en un recipiente con agua y se observaron las semillas que flotaron y las que se hundieron. Las semillas que flotaron en la superficie se separaron y fueron consideradas como semillas inviables y por lo tanto no se tomaron en cuenta para el experimento. Las semillas que se hundieron fueron consideradas como viables (Landis *et al.*, 1998) y fue con las semillas que se trabajó durante el experimento.

Desinfección de la semilla: Para la desinfección de la semilla que se utilizó, se colocaron en un recipiente, se agregó agua y una gota de jabón tween, se agitó durante 3 minutos, para generar espuma, posteriormente se enjuagó a chorro con agua destilada hasta quitar todo el residuo del jabón, posteriormente se le agregó cloro al 10% y se agitó nuevamente durante 3 minutos, se tiró el cloro y se enjuagó con agua destilada, se agregó alcohol al 70%, de igual manera se volvió a agitar durante 3 minutos, una vez transcurrido el tiempo se tiró el alcohol y las semillas se secaron bajo sombra, sobre toallas absorbentes y a temperatura ambiente.

Escarificación mecánica (fricción con lijas): se utilizó un bote de aluminio con capacidad de 4 litros, se forró internamente con lija del número 80. Una vez introducida al bote se friccionó con la mano y un guante de carnauba durante 15 minutos.

Preparación del lugar de siembra: se limpió un área alrededor de 100 m² se eliminó vegetación superficial y cercó con alambre de púas para evitar la entrada de ganado al área experimental, se hicieron 120 pozos de 20 cm de diámetro con muy poca profundidad para que las semillas de pinzan no se ahogaran, se realizó un riego antes de sembrar las semillas para permitir el reblandecimiento de la tierra.

Siembra de la semilla: se sembraron tres semillas por pozo, a una profundidad de 2 cm, se cubrió con tierra y se proporcionó un riego después de la siembra. Durante el experimento se realizaron 2 riegos semanales.

Tratamientos evaluados: se utilizó Fosfato Di amónico (DAP), con una composición de 18% de nitrógeno, 46% de fósforo y 0% potasio, llamado sistema de iniciación o mayor desarrollo radicular, los tratamientos evaluados fueron: T1 dosis de 2.5 g, T2 5g y T3 10 g y T/C (control), 4 tratamientos con 10 repeticiones. Las mediciones se realizaron mensualmente, la primer medición se hizo el día de la fertilización para tener una altura y un diámetro inicial (2 meses después de la siembra) y posteriormente se realizaron 2 mediciones más. La información se analizó mediante el paquete estadístico SPSS, se realizó un ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el establecimiento de las plantas de pinzan en campo, se presentaron varios problemas, el principal fue el bajo porcentaje de germinación al presentarse una lluvia torrencial atípica días después de haber realizado la siembra de las semillas, esto retrasó la aplicación de los tratamientos de fertilización puesto que se tuvieron que resembrar algunas semillas para poder tener las suficientes plantas para los diferentes tratamientos, otro problema fue el crecimiento de forma rápida de la maleza dentro del área experimental, por lo que se tuvieron que hacer varios deshierbes en el lugar de la plantación.

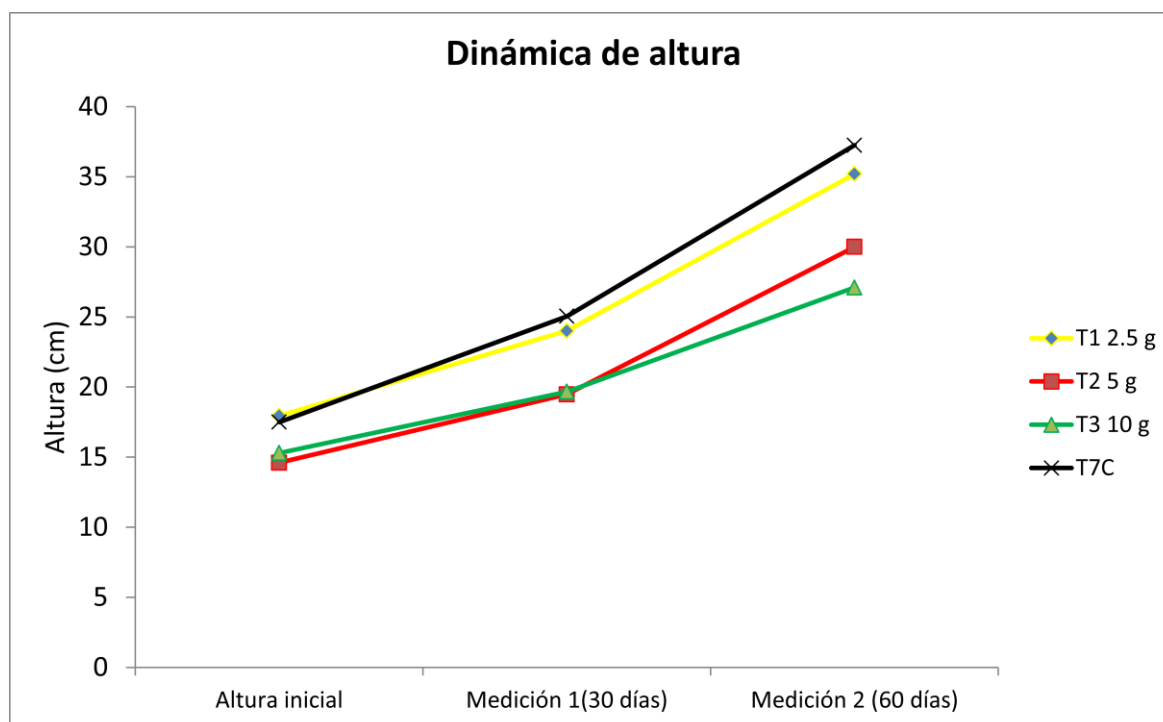
Respecto a lo anterior Sotomayor *et al.*, (2002), mencionan que, parte de las estrategias básicas para reducir costos se encuentran inmersas en técnicas silviculturales tales como: siembra de árboles al inicio de la estación lluviosa (maximizando el crecimiento y sobrevivencia ante el periodo de estación seca); control de malezas y aplicación de enmiendas (usualmente carbonato de calcio y fertilizantes), todas ellas dirigidas a que las plántulas logren un buen crecimiento durante los primeros años.

Para la variable altura se puede observar en la Gráfica 1, que el tratamiento control T/C, es el que presenta mayor promedio de altura seguido de T1 2.5 g aunque se aprecian diferencias numéricas el análisis estadístico indicó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$), se observa un crecimiento similar al de las plantas que se tuvieron en los anteriores experimentos bajo las condiciones de vivero en campo, pero si difieren a las alturas obtenidas bajo las condiciones de invernadero.

Cabe mencionar que la aplicación de fertilizante no buscaba desarrollo vegetativo aéreo, era una dosis propuesta para el desarrollo radicular, como se observa en los altos niveles de P en relación a la fuente de N, sin embargo, la presencia de éste pudiera estar favoreciendo el desarrollo del tallo fortalecido por el desarrollo radicular (Gráfica 2), el tamaño de la raíz no se logró analizar en éste experimento ya que se habría aplicado el método destructivo.

Hernández y Simón (1993), señalan que una de las limitantes principales de las plantas arbóreas es su lento crecimiento en la fase de establecimiento. Una vez establecidas las

especies en campo se han identificado como principales factores de fracaso de los procesos de reforestación; la baja calidad de las plántulas (Jacobs *et al.*, 2004) y la deficiencia de nutrientes en suelos degradados o poco fértiles (Nussbaum *et al.*, 1995, Oskarsson, 2006), en los cuales se establecen normalmente las plantaciones forestales.

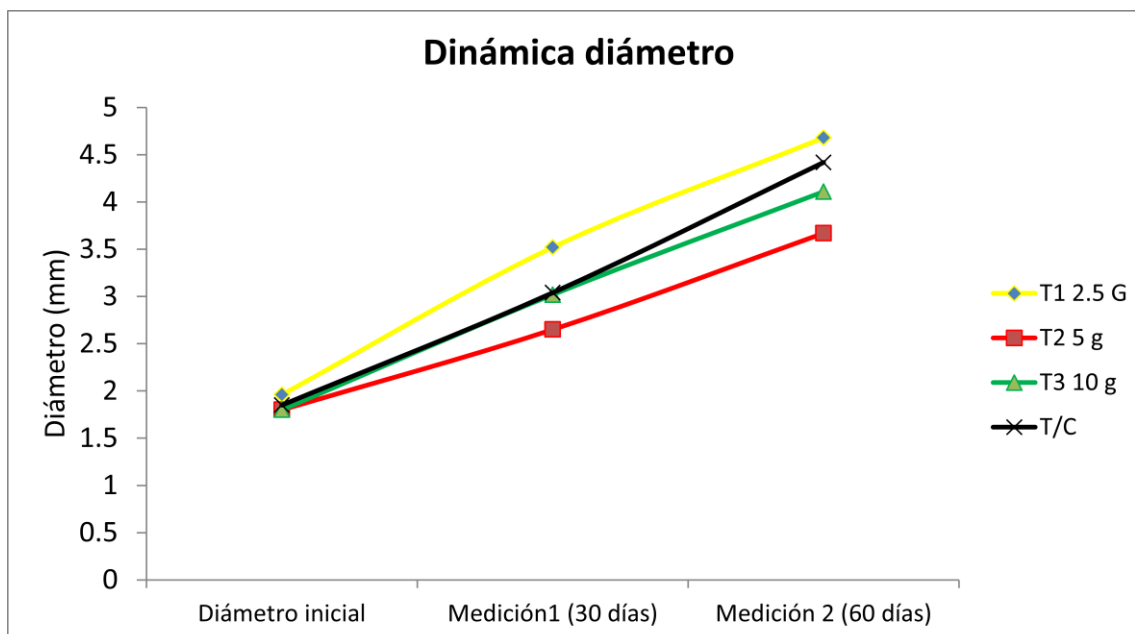


Gráfica 1. Efecto diferentes dosis de fertilización química sobre la dinámica de altura en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*), establecidas directamente en campo.

En cuanto a la variable diámetro se puede apreciar en la Gráfica 2, que el T1 2.5 g, es el que presentó mayor promedio de diámetro seguido del tratamiento control T/C. Sin embargo, el análisis estadístico registro que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P > 0.05$).

Para ambas variables puede observarse una tendencia similar, el tratamiento control T/C y T1 2.5 g de fertilizante, presentan mayores promedios, lo que pudiera sugerir que a mayor dosificación menor crecimiento en las plantas.

El estado nutricional del suelo afecta los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que las componen (Peñuelas y Ocaña 1996).



Gráfica 2. Efecto diferentes dosis de fertilización química sobre la dinámica de diámetro en plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*), establecidas directamente en campo.

CONCLUSIONES

En base a los resultados puede sugerirse que se realicen evaluaciones durante más tiempo, puesto que al realizar solamente dos evaluaciones del crecimiento, no se alcanza a observar si existe un efecto del fertilizante sobre el crecimiento de las plantas de pinzan (*Pithecellobium dulce*), también se recomendaría realizar un análisis de suelo para poder determinar con precisión las necesidades específicas de nutrientes que se requieren, para así poder realizar una adecuada fertilización en el lugar del establecimiento y aportar elementos que permitan el éxito en el establecimiento de las especies arbóreas directamente en el campo.

De igual forma, es necesario repetir en vivero o en campo el uso del fertilizante y evaluar el desarrollo radicular, estructuras que de ser favorecidas por la dosis de P permitirán un mayor anclaje y supervivencia de las plantas en época de seca.

BIBLIOGRAFIA

Bidwell R. G. 1990. **Fisiología Vegetal**. AGT Editor S.A. México. p. 268-271.

Buurman P., Ibrahim M., Amezcuita M. 2004. **Mitigation of greenhouse gas emission by tropical silvopastoral systems: Optimisms and facts**. 2nd. International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma de Yucatán. México. p 62.

Castro H., Gómez M. 2010. **Fertilidad de suelos y Fertilizantes**. En: Ciencia del suelo. Principios básicos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. p. 217-303.

Combe J., Budowski G. 1979. **Clasificación de las técnicas agroforestales**. En: **Taller de Sistemas Agroforestales en América Latina**. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 17-48.

Craswell E. T., Grote U., Henao J., Vlek P. L. G. 2004. **Nutrient flows in agricultural production and international trade: ecological and policy issues**. Discussion Papers on Development Policy, Center for Development Research (ZEF) Bonn, Germany.

González G. J. C., Ayala B. A., Gutiérrez V. E. 2007. **Chemical composition of tree species with forage potential from the region of Tierra Caliente, Michoacán, México**. Cuban Journal of Agricultural Science. 41(1): 81-86.

Hernández I., Simón L. 1993. **Los sistemas silvopastoriles: Empleo de la agroforestería en las explotaciones ganaderas**. Pastos y Forrajes. p. 16-99.

Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Información (INEGI). 2000. **XII Censo general de población y vivienda**. Resultados preliminares. Michoacán, México. 167-171.

Jacobs D. F., Ross D. A. L, Davis A. S. 2004. **Establishment success of conservation tree plantations in relation to silvicultural practices**. New Forests. 28: 23-36.

Landis T. D., Tinus R. W., Barnett J. P. 1998. **The container tree nursery manual. Vol. 6, Seedling propagation**. Agriculture Handbook 674. Washington, D.C., USDA Forest Service. p.166.

Liegel L. H y Venator C. R. 1987. **A technical guide for forest nursery management in Caribbean and Latin America**. USDA. For.Ser. Southern Forest Experiment Station Gen. Tech. Rep. SO-67. p. 37-42.

Marschner H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Second edition. Academic Press. London, England. p.657.

Mengel K., Kirkby E. 2001. **Principles of plant Nutrition**. 5th Ed.Kluwer. Academic Publisher. Netherlands. p.849.

Murgueitio E., Rosales M., Gómez M. E. 1999. **Agroforestería para la producción animal sostenible**. CIPAV. Colombia. p10.

Nair P. K. R. 1993. **An introduction to agroforestry**. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht. The Netherlands. p. 499.

Nitis I. M., Putra S., Sukanten W., Suarna M., Lana K. 1991. **Prospects for Increasing Forage Supply in Intensive Plantation Crops Systems in Bali**. In: Forage for Plantation Crops. ACIAR Proceedings N° 32.

Nussbaum R. A., Anderson J. B., Spencer T. 1995. **Factors limiting the growth of indigenous tree Seedlings planted on degraded rainforest soils in Sabah, Malaysia**. Forest Ecology and Management. 74: 149-159.

Olivares A. A. 1995. **Ensayo de fertilización con nitrógeno y fósforo en *Pinus pseudostrobus* Lindl., bajo condiciones de vivero**. (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. p. 85.

Oskarsson H., Sigurgeirsson A., Raulund R.K. 2006. **Survival, growth, and nutrition of tree seedlings fertilized at planting on Andisol soils in Iceland: Six-year results**. Forest Ecology and Management. 229: 88–97.

Peñuelas J. L., Ocaña L. 1996. **Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas**. Revista Ecología. 15: 213-223.

Salisbury F. B y Ross C. W. 1994. **Fisiología Vegetal**. Interamericana. México, D.F. p.759.

Sánchez M. D. 1999. **Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical** Sánchez, D. M. y Rosales, M. M. (Editores). Agroforestería para la Producción Animal. F.A.O. 143. Roma.p.1-36. <http://www.lead.virtualcenter.org/es/ele/conferencia1/sanchez1.htm>

Solorio S. F. and Solorio S. B. 2002. **Integrating fodder trees in to animal production systems in the tropics**. Tropical & Subtropical Agroecosystems. (1). p.1–11.

Sotomayor A., Helmke E., García E. 2002. **Manejo y mantención de plantaciones forestales.** Documento de divulgación (CL) N° 23. p.56

Vera C. J. A. G. 2009. **Apuntes del Curso Plantaciones Forestales.** División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.

Zöttl H. W., Tschinkel H., Speidel G. 1971. **Nutrición y fertilización forestal: una guía práctica.** Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Departamento de Recursos Forestales. Medellín, Colombia. p.114.

DISCUSIÓN GENERAL

En la propagación por semillas (vía sexual) del cueramo (*Cordia. elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*) se aplicaron tratamientos de escarificación o pregerminativos, se utilizaron diferentes sustratos y contenedores, adecuados para su propagación y aspectos agronómicos como la fertilización. Todo esto con la finalidad de determinar las condiciones óptimas para la propagación de estas especies.

En los frutos de *C. elaeagnoides* se observó la presencia de frutos partenocárpicos, por lo que se realizaron disecciones, confirmando la ausencia de semillas y de embriones. Lo observado en los frutos de esta especie coinciden con los obtenidos por Gaspar *et al.*, (2006), quienes observaron en la misma especie gran cantidad de embriones deteriorados. Es necesario investigar las posibles razones de la partenocarpia en frutos silvestres de la especie en estudio. Estudios previos en otras especies del género *Cordia* (*C. sebestena* y *C. dodecandra*), muestra incompatibilidad ocasionada por dimorfismo sexual, repercutiendo en la formación de semillas (Canché, 2014).

En semillas de *P. dulce*, los valores más altos de germinación se registraron en la escarificación mecánica y en el tratamiento control, los cuales fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$), Ramírez *et al.*, (2012), obtuvieron con esta especie porcentajes de germinación de 91.3%, en el tratamiento control, lo que coincide con los resultados obtenidos. Tanto en la escarificación física como en la escarificación química la germinación se vió reducida. Los resultados obtenidos indican que la escarificación mecánica influyó de manera positiva en la germinación de esta especie y que aún, sin la aplicación de algún tratamiento, las semillas de pinzan presentan porcentajes altos de germinación.

Los trabajos realizados por autores como Prasad y Nautiyal, (1996); Godínez, (1999); Hernández *et al.*, (2001), en *P. dulce* y otras leguminosas, en donde utilizaron la escarificación mecánica con lija, obtuvieron porcentajes de germinación por arriba del 80%. El método de escarificación mecánica con lija representa una opción como tratamiento, ya que es de fácil aplicación y se corre menor riesgo de dañar las semillas, a diferencia del riesgo que se corre al utilizar escarificación química con ácido sulfúrico.

Con respecto a la velocidad de germinación, esta fue mayor en las semillas tratadas con escarificación mecánica, seguida por la escarificación física, en los tratamientos en que la germinación fue más tardía fueron en el control y en la escarificación química. Al respecto Orchard (1977), menciona que es de interés conocer la velocidad de germinación de las especies dado que se usa para planear labores de cultivo, tales como resiembra, trasplante, deshierbe entre otras.

Otro aspecto que se tomó en cuenta en la propagación del *P. dulce* fue el tipo de sustrato y el tamaño del contenedor, para determinar las condiciones que beneficiarán al mayor crecimiento de las plantas de esta especie, tanto en condiciones de invernadero, como en vivero bajo condiciones de campo. Los resultados obtenidos para las variables altura, diámetro del tallo y número de hojas, para las dos condiciones de experimentación (invernadero y vivero en campo), determinaron que el factor que influyó fue el sustrato, lo antes mencionado contrasta con autores como Domínguez *et al.*, (2006); Ortega *et al.*, (2006), quienes mencionan que, el tamaño de contenedor influye de manera positiva en el desempeño de las plantas tanto en vivero como en campo.

Los tratamientos utilizados que presentaron mayores promedios para las variables altura, y número de hojas en el experimento de vivero bajo condiciones de campo, fue la mezcla de peat moss, agrolita, vermiculita + composta y la mezcla de peat moss, agrolita, vermiculita + materia orgánica de campo, y la primer mezcla antes mencionada, también fue mejor para el diámetro de tallo, esto en el experimento realizado en condiciones de invernadero.

En estos resultados se pudo apreciar que los mayores resultados se obtuvieron en aquellos tratamientos a los que se les adicionó alguna fuente de materia orgánica, al respecto Medina (2006), menciona que en vivero la absorción de nutrimentos está circunscrita a las condiciones y la fertilidad del sustrato utilizado.

Toral (2000), refiere que cuando las plantas alcanzan una altura de entre 30 y 40 cm terminan su tiempo de vivero y puede considerarse que son plantas que pueden trasplantarse, Medina (2011), obtuvo alturas de 45.2 cm en leucaena (*L. leucocephala*), a las 18 semanas, mes y medio más de lo que duró el experimento con *P. dulce* (12

semanas), lo que sugiere que se tendrían plantas de pinzan aptas para trasplante al término de este tiempo.

Cabe mencionar que en el experimento realizado en invernadero los promedios en las variables de altura, diámetro de tallo y número de hojas, fueron mayores a los obtenidos en vivero bajo condiciones de campo, esto posiblemente debido a las condiciones ambientales que existen en el invernadero, como son la temperatura, la humedad, la luminosidad, los cuidados controlados. Esto coincide con Medina *et al.*, (2007) quien menciona que todas estas condiciones influyen en los resultados que se obtienen.

Para la variable área foliar en el experimento de vivero en campo, se registró que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales a diferencia del trabajo en invernadero, en el cual se observó que la mezcla de peat moss, agrolita, vermiculita + composta y la de arena + composta, fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$), a todos los demás tratamientos, los cuales presentaron los mayores promedios. La adecuada determinación del área foliar durante el ciclo del cultivo posibilita conocer el crecimiento y el desarrollo de la planta, la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, la producción total de la planta (Teruel 1995; Costa 1999; Campostrini y Yamanishi, 2001).

En cuanto a la variable longitud de raíz en el experimento en vivero bajo condiciones de campo, se pudo apreciar que los sustratos arena de río y la mezcla de peat moss, agrolita, vermiculita + composta, fueron estadísticamente iguales, presentando los mayores promedios para esta variable, aunque se aprecia una diferencia numérica y que realmente sería interesante considerar, ya que autores como García y Vargas, (2000), mencionan que una característica importante para el éxito en el establecimiento y supervivencia de las plantas es el crecimiento y desarrollo de la raíz, pues de ésta depende en gran medida la absorción de agua y nutrimentos esenciales para diversos procesos fisiológicos, por tal razón una planta con mayor longitud de raíz tendrá más posibilidades de ser establecida con éxito.

Los resultados para esta misma variable pero en condiciones de invernadero, mostraron que el sustrato arena de río fue el que presentó menor promedio de longitud de raíz y estadísticamente fue diferente a todos los demás.

En relación con la variable peso seco total, en el trabajo realizado bajo condiciones de campo se pudo observar que, no hubo diferencias ($P>0.5$) entre los tratamientos establecidos, solo se observó una tendencia de mayores promedios en aquellos tratamientos en los cuales se adicionó una fuente de materia orgánica. Para la misma variable pero bajo condiciones de invernadero se observó que los tratamientos que presentaron mayores promedios fueron los sustratos de arena + composta y la de peat moss, agrolita, vermiculita + composta.

Para las variables tanto en peso fresco como en peso seco de raíz, tallo, hoja y pesos totales, se pueden observar diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos ($P<0.05$). Es importante señalar que para todas las variables tanto en bolsa ancha como para la bolsa larga, los mayores promedios se presentaron en el sustrato peat moss, agrolita, vermiculita + composta. En la variable peso fresco de raíz, son mayores los promedios para la bolsa larga, y se aprecia la misma tendencia de que los promedios son mayores en los tratamientos a los que se les adicionó alguna fuente de materia orgánica.

Para las mismas variables pero bajo condiciones de invernadero, podemos observar que para la bolsa ancha se presentaron los mayores promedios en la variable peso seco total, esto debido a la superioridad en los demás componentes de la planta como lo son peso de raíz y de tallo. La mayor proporción en materia orgánica es un indicador de mejor desarrollo de las plantas.

Un aumento relativo del peso de tallos en la planta debido a la lignificación, indica la existencia de una transformación fisiológica, de un estado joven a maduro (Humphreys, 1991). En las plantas jóvenes el tejido foliar que tiene un gran contenido de agua debido a sus importantes funciones de intercambio de gases, fotosíntesis y transporte de nutrimentos y minerales, constituye la mayor parte del peso fresco (Bänziger, 1997).

Los resultados en el experimento de establecimiento y fertilización de las plantas de *P. dulce*, para las variables altura y diámetro, indicaron que no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, para la variable altura, el tratamiento control (sin fertilizante), seguido del T1 (2.5 g de fertilizante), presentaron los mayores promedios para esta variable. Cabe mencionar que la aplicación de fertilizante no se buscaba desarrollo vegetativo aéreo, era

una dosis propuesta para el desarrollo radicular como se observa en los altos niveles de P en relación a la fuente de N, sin embargo, la presencia de éste pudiera estar favoreciendo el desarrollo del tallo fortalecido por el desarrollo radicular, el tamaño de la raíz no se logró analizar en éste experimento ya que se habría aplicado el método destructivo.

Para la variable diámetro el T1 (2,5 g de fertilizante) seguido del tratamiento control (sin fertilizante), presentaron los mayores promedios para esta variable. Autores como Hernández y Simón (1993), señalan que una de las limitantes principales de las plantas arbóreas es su lento crecimiento en la fase de establecimiento. Por esta razón se sugiere realizar mediciones durante más tiempo para determinar si posteriormente se observa alguna influencia del fertilizante sobre las plantas establecidas.

El bajo éxito de reforestación en especies arbóreas se reporta por la baja calidad de las plántulas (Jacobs *et al.*, 2004) y la deficiencia de nutrientes en suelos degradados o poco fértiles (Nussbaum *et al.*, 1995, Óskarsson, 2006), en los cuales se establecen normalmente las plantaciones forestales.

En este trabajo surgieron datos e información importante del cueramo (*Cordia elaeagnoides*) y pinzan (*Pithecellobium dulce*), especies consideradas como promisorias, pero falta mucho por investigar. Los frutos de *C. elaeagnoides* requieren de mayor investigación para poder conocer el efecto partenocárpico de sus frutos, o al alto porcentaje, de falta de semillas en los frutos tal y como se registraron las semillas colectadas para este trabajo de investigación.

En el caso de los sustratos se puede indicar que las plantas obtuvieron mayores beneficios cuando se les adicionó alguna fuente de materia orgánica, lo que se observó en la respuesta en las diferentes variables como la altura, diámetro de tallo y número de hojas. En los procesos de endurecimiento y establecimiento de plantas con fines de reforestación, es importante la fertilización en las primeras etapas, seguida de una disminución de éstos por un periodo antes de su liberación al ambiente (Hartman y Kester, 1988). En estos trabajos no hubo influencia en el tamaño de contenedor, pero se sugiere utilizar contenedores que permitan el adecuado desarrollo de la raíz, contenedores que sean afines a las características de desarrollo de las plantas.

En cuanto al trabajo en donde se utilizó fertilización, se sugiere dar seguimiento por más tiempo a las plantas establecidas, dado que fueron pocas las mediciones que se realizaron. De igual forma, es necesario repetir en vivero o en campo el uso del fertilizante y evaluar el desarrollo radicular, estructuras que de ser favorecidas por la dosis de P permitirán un mayor anclaje y supervivencia de las plantas en época de seca. Además de seguir la supervivencia y desarrollo de las plantas en campo.

BIBLIOGRAFÍA

Bänziger M., Edmeades G. O., Bolaños J. 1997. **Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo.** Agronomía Mesoamericana. 8 (1): 20-25.

Canché C. C., Canto A. 2014. **Distylous traits in *Cordia dodecandra* and *Cordia sebestena* (Boraginaceae) from the Yucatan Peninsula.** Botanical Sciences. 92 (2): 289-297.

Campostrini E y Yamanishi O. 2001. **Estimativa da área foliar do mamoeiro utilizando o comprimento da nervadura central.** Scientia Agrícola. 58 (1): 39-42.

Costa M. 1999. **Efeitos de diferentes lâminas de água com dois níveis de salinidade na cultura do meloeiro.** (Tesis Ph. D). Universidade Estatal de Sao Paulo, Botucatu, p.115.

Domínguez L. S., Herrero S. N., Carrasco M. I., Ocaña B. L., Peñuelas R. J. L., Mexal J. G. 2006. **Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling developmen in the nursery and field.** Forest Ecology and Management. 221: 63 -71.

García F. M., Vargas H. J. J. 2000. **Growth and biomass allocation of *Gliricidia sepium* seed sources under drought conditions.** Journal of Sustainable Forestry. 10: 45-50.

Gaspar P. A. M., Mora S. A., Santa Cruz R. F. 2006. **Efecto de la aplicación de ácido giberélico en la germinación de *Cordia elaeagnoides*.** A.D.C. Avances de Investigación Científica en el CUCBA XVII Semana de Investigación Científica. ISBN 970-27-1045-6. p 69-72.

Godínez A.H. 1999. **Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica.** Poli botánica. (11) 1-19.

Hartmann H. T., Kester D. E. 1988. **Propagación de plantas.** CECOSA. México 760:100-195.

Hernández I., Simón L. 1993. **Los sistemas silvopastoriles: Empleo de la agroforestería en las explotaciones ganaderas.** Pastos y Forrajes. p.16:99.

Hernández V. G., Sánchez V. L. R., Aragón F. 2001. **Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la Sierra de Manantlán.** Foresta Veracruzana. Universidad Veracruzana, Xalapa, México. 3 (1). p. 9-15.

Humphreys L. R. 1991. **Effects of defoliation on the growth of tropical pastures.** Tropical Pasture Utilitation. Cambridge University Press. pp. 46-65.

Jacobs D. F., Ross D. A. L, Davis A. S. 2004. **Establishment success of conservation tree plantations in relation to silvicultural practices.** New Forests. 28: 23-36.

Medina G. M. 2006. **Germoplasma disponible para desarrollar sistemas agroforestales en el estado Trujillo.** Memoria I Curso Nacional de Agroforestería "Metodología de evaluación para sistemas agroforestales". INIA. Trujillo, Venezuela. p. 5.

Medina G. M. 2007. **Estudio comparativo de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapainicial de crecimiento.** Zootecnia Tropical. 25 (2): 83.

Medina G. M., García D. E., Moratinos P., Cova L. J. 2011. **Comparación de tres leguminosas arbóreas sembradas en un sustrato alcalino durante el período de aviveramiento. I. Variables morfo estructurales.** Pastos y Forrajes. 34 (1): 37-52.

Nussbaum R. A., Anderson J. B., Spencer T. 1995. **Factors limiting the growth of indigenous tree Seedlings planted on degraded rainforest soils in Sabah, Malaysia.** Forest Ecology and Management. 74: 149-159.

Orchard T. J. 1977. **Estimating the parameters of plant seedling emergence.** Sedd Science y Technology. 1 (5): 61-69.

Ortega U. J., Majada A., Mena P. J., Sánchez Z. N., Rodríguez I. K., Txarterina J. A., Duñabeitia M. 2006. **Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers.** New Forest. 31: 97-112.

Oskarsson H., Sigurgeirsson A., Raulund R.K. 2006. **Survival, growth, and nutrition of tree seedlings fertilized at planting on Andisol soils in Iceland: Six-year results.** Forest Ecology and Management. 229: 88–97.

Prasad P., Nautiya A. R. I. 1996. **Physiology of germination in *Bahuinia*: Involvement of seed coat in inhibition of germination in *B. racemosa* Lam. seeds.** Seed Science and Technology. 24: 305-308.

Ramírez M., Suárez H., Regino M., Caraballo B., García D. E. 2012. **Respuesta a tratamientos pregerminativos y caracterización morfológica de plántulas de**

Leucaena leucocephala, *Pithecellobium dulce* y *Ziziphus mauritiana*. Pastos y Forrajes. 35 (1): 29-42.

Teruel D. 1995. **Modelagem do índice de área foliar de cana açúcar em diferentes regimes hídricos.** (Tesis M.Sc). Escola Superior de Agricultura, ESALQ, Piracicaba.

Toral O. 2000. **La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En: Los árboles y arbustos en la ganadería. Tomo II.** Nuevos aportes del silvopastoreo. (Ed. L. Simón) Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p.1.