



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

ENSAYOS DE PROCEDENCIAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SEMILLAS Y LA  
MADERA DE *Albizia plurijuga* (Standl.) Britt. et Rose.

**TESIS**

Que presenta

**MIGUEL ÁNGEL SILVA FARÍAS**

Como requisito para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

Director: **Dr. José Cruz de León.**

Co-Director: **Dr. Cuauhtémoc Sáenz Romero.**

Morelia, Michoacán, Enero de 2012



## AGRADECIMIENTOS.

Se agradece al Dr. José Cruz de León por la dirección del trabajo y por sus incontables y atinadas sugerencias para la mejora del mismo; al Dr. Cuauhtémoc Sáenz Romero su valiosa participación como Co-Director y por sus aportaciones para el análisis del tema fundamental y mejora sustancial del documento.

AL Dr. Nahúm Modesto Sánchez Vargas, al M.C. Marco Antonio Herrera Ferreyra y al Dr. Phillippe Christian Marc Lobit, integrantes de la mesa de sinodales quienes con sus aportaciones hicieron más sustantivo este trabajo.

Al Dr. Rafaél María Román Bravo por su valiosa orientación en el análisis estadístico, en verdad un profundo agradecimiento. A la Biól. Ana Sacramento López González por su apoyo en el extenuante trabajo de campo.

Al M.C. Xavier Madrigal Sánchez por lo acertado de sus comentarios y correcciones al documento.

A Lorena Salgado Santos por todo el apoyo recibido en parte importante del trabajo de vivero y campo, así como su apoyo incondicional en el proceso de captura y procesamiento de datos y en general del documento.

Finalmente se agradece el apoyo del CONACYT-FOMIX 2009-12128.

# ÍNDICE

Pág.

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	I
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	V
<b>RESUMEN GENERAL</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	3
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	3
Bibliografía	10
<b>CAPÍTULO II</b>	13
<b>ASPECTOS ECOLÓGICOS GENERALES DE OCHO PROCEDENCIAS DE <i>Albizia plurijuga</i> (Standl.) Britt. et Rose.</b>	
<i>plurijuga</i> (Standl.) Britt. et Rose.	13
RESUMEN	13
II.1. Introducción	13
II.2. Objetivos	17
II.3. Materiales y métodos	17
II.4. Resultados y discusión	18
II.5. Conclusiones	26
II.6. Bibliografía	26
<b>CAPÍTULO III</b>	29
<b>VARIACIÓN EN LAS SEMILLAS DE <i>Albizia plurijuga</i> (Standl.) Britt. et Rose.</b>	29
RESUMEN	29
III.1. Introducción	29
III.2. Objetivos	31
III.3. Materiales y métodos	31
III.4. Resultados y discusión	37
III.5. Conclusiones	52
III.6. Bibliografía	53

## ÍNDICE

Pág.

<b>CAPÍTULO IV</b>	57
<b>ENSAYOS DE PROCEDENCIAS DE <i>Albizia plurijuga</i> (Standl.) Britt. et Rose.</b>	57
RESUMEN	57
IV.1. Introducción	57
IV.2. Objetivos	61
IV.3. Materiales y métodos	62
IV.4. Resultados y discusión	68
IV.4.1. Ensayo de procedencias en vivero	68
IV.4.1.1. Peso seco	73
IV.4.2. Ensayo de procedencias en campo	77
IV.5. Conclusiones	83
IV.6. Bibliografía	84
<b>CAPÍTULO V</b>	87
<b>VARIACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DE <i>Albizia plurijuga</i> (Standl.) Britt. et Rose.</b>	87
RESUMEN	87
V.1. Introducción	87
V.2. Objetivos	89
V.3. Materiales y métodos	89
V.4. Resultados y discusión	93
V.5. Conclusiones	105
V.6. Bibliografía	106
<b>CAPÍTULO VI</b>	109
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	109

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

### CAPÍTULO I.

### CAPÍTULO II.

II.1. Localización de las procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	14
II.2. Aspectos físicos generales de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	21
II.3. Especies de la flora en ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	23
II.4. Matriz de similitud florística de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	24

### CAPÍTULO III.

III.1. Localización de las procedencias de semillas de <i>Albizia plurijuga</i> .	32
III.2. Estadísticos promedio para semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	38
III.3. Análisis de la varianza para semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas de frutos de <i>Albizia plurijuga</i> de ocho procedencias.	38
III.4. Agrupamiento de Tukey de semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas de <i>Albizia plurijuga</i> .	39
III.5. Estadísticos para las dimensiones de las semillas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	43
III.6. Componentes de la varianza para las dimensiones de las semillas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	43
III.7. Prueba de Tukey para las dimensiones de las semillas de <i>Albizia plurijuga</i> .	43
III.8. Estadísticos para el porcentaje de germinación de semillas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	48
III.9. Análisis de la varianza para la germinación de semillas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	48
III.10. Agrupamiento de Tukey para la germinación de semillas de <i>Albizia plurijuga</i> .	49

### CAPÍTULO IV.

IV.1. Localización de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	62
IV.2. Estadísticos para la altura de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	68

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
<b>IV.3.</b> Componentes de la varianza para la variable altura de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en vivero.	68
<b>IV.4.</b> Prueba de Tukey para la variable altura de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en vivero.	69
<b>IV.5.</b> Estadísticos para el diámetro de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	69
<b>IV.6.</b> Componentes de la varianza para la variable diámetro de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en vivero.	70
<b>IV.7.</b> Prueba de Tukey para la variable diámetro de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en vivero.	70
<b>IV.8.</b> Estadísticos para el peso seco de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	74
<b>IV.9.</b> Componentes de la varianza del peso seco de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	74
<b>IV.10.</b> Prueba de Tukey para peso seco de plántulas de un mes de edad de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	74
<b>IV.11.</b> Componentes de la varianza para los brotes de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	79
<b>IV.12.</b> Prueba LSD para los brotes de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	80
<b>CAPÍTULO V.</b>	
<b>V.1.</b> Localización de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	90
<b>V.2.</b> Estadísticos para la densidad básica de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> por los métodos: empírico, de desplazamiento de agua y de máximo contenido de humedad.	94
<b>V.3.</b> Componentes de la varianza para la densidad básica de la madera de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> por los métodos: Empírico, de Desplazamiento de agua y de Máximo contenido de humedad.	95

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
<b>V.4.</b> Prueba de Tukey para los métodos utilizados en la determinación de la densidad básica de la madera de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	95
<b>V.5.</b> Componentes de la varianza para la densidad básica de la madera de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> por los métodos: empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad.	97
<b>V.6.</b> LSD para los métodos: empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad, utilizados en la determinación de la densidad básica de la madera de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	97
<b>V.7.</b> Comparación de la densidad básica entre especies del género <i>Albizia</i> .	99
<b>V.8.</b> Especies de leguminosas con densidades básicas diferentes a la de <i>Albizia plurijuga</i> .	100
<b>V.9.</b> Rango de Densidad básica y usos propuestos para algunas especies de leguminosas.	100
<b>V.10.</b> Características físicas y usos de especies del género <i>Albizia</i> .	101
<b>V.11.</b> Densidad básica, Contenido de humedad, Pared celular y Espacios vacíos en la madera de <i>Albizia plurijuga</i> .	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

### CAPÍTULO I.

I.1. Distribución de *Albizia occidentalis* var. *plurijuga* (Rico-Arce et al., 2008). 7

### CAPÍTULO II.

II.1. Ubicación de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 14

II.2. Aspectos ecológicos generales de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 22

II.3. Correlación entre la precipitación anual e índice de aridez de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 24

II.4. Correlación entre la temperatura media anual e índice de aridez de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 25

II.5. Correlación entre la temperatura del mes más frío e índice de aridez de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 25

### CAPÍTULO III.

III.1. Ubicación de ocho procedencias de semillas de *Albizia plurijuga*. 32

III.2. Diseño experimental (bloques completos al azar) para el ensayo de germinación de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 37

III.3. Porcentaje de semillas llenas, dañadas, vanas y abortadas en frutos de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 39

III.4. Correlación entre el Índice de aridez y el Índice de eficiencia en la producción de semilla de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 41

III.5. Semillas por kilogramo de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 42

III.6. Correlación entre ancho y longitud de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 44

III.7. Correlación entre longitud y ancho de semillas y altura de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 45

III.8. Correlación entre longitud y ancho de semillas y diámetro de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 45

III.9. Porcentaje de humedad de las semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*. 46

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
III.10. Correlación entre el índice de aridez y el contenido de humedad de las semillas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	47
III.11. Periodo y porcentaje de germinación de semillas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	49
III.12. Correlación entre longitud y ancho de semillas y germinación de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	51
III.13. Correlación entre el índice de aridez y la germinación de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	51
<b>CAPÍTULO IV.</b>	
IV.1. Ubicación de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	62
IV.2. Diseño experimental en vivero (bloques completos al azar) de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	64
IV.3. Diseño experimental en campo (bloques completos al azar), para el análisis del crecimiento de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	67
IV.4. Correlación entre la altura y el diámetro de plántulas de vivero de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	71
IV.5. Correlación entre índice de aridez y la altura de plántulas de vivero de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	71
IV.6. Comportamiento de la supervivencia en vivero de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	72
IV.7. Supervivencia de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en vivero.	72
IV.8. Correlación del porcentaje de germinación de semillas y la supervivencia de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en vivero.	73
IV.9. Correlación entre altitud y peso seco de plántulas de vivero de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	75
IV.10. Correlación entre peso seco y supervivencia de plántulas de vivero de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	76

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
<b>IV.11.</b> Correlación entre peso seco y altura de plántulas de vivero de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	76
<b>IV.12.</b> Porcentaje de supervivencia en campo de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	77
<b>IV.13.a.</b> Altura promedio de brotes en plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> establecidas en campo.	78
<b>IV.13.b.</b> Número de brotes de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en campo.	79
<b>IV.14.</b> Tendencia de la supervivencia en plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> en campo.	81
<b>IV.15.</b> Correlación de supervivencia en vivero con respecto a la supervivencia en campo, de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	81
<b>CAPÍTULO V.</b>	
<b>V.1.</b> Ubicación de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	90
<b>V.2.</b> Densidad básica de la madera de <i>Albizia plurijuga</i> por tres métodos.	94
<b>V.3.</b> Correlación simple entre los métodos: Empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad.	96
<b>V.4.</b> Correlación entre el índice de aridez y la densidad básica de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	99
<b>V.5.</b> Correlación entre contenido de humedad y densidad básica de la madera de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	104
<b>V.6.</b> Correlación entre la densidad básica y el crecimiento en vivero de plántulas de ocho procedencias de <i>Albizia plurijuga</i> .	104

## RESUMEN GENERAL.

A nivel mundial se consume madera a una tasa de 0.7 m<sup>3</sup> per cápita, proveniente en su mayoría de bosques y selvas naturales. Las plantaciones forestales comerciales, sustentadas en ensayos de especies y procedencias, son una alternativa para contribuir al abasto de madera. *Albizia plurijuga* (Leguminosae) es una especie con potencial maderable; se distribuye en ambientes semicálidos, en el centro, sur y sureste de México en el Matorral subtropical. Se realizó un estudio de ocho procedencias de los Estados de Michoacán, Guanajuato y Jalisco. Se describieron en forma general las condiciones ambientales de las procedencias. Se evaluó la producción y el porcentaje de germinación de semillas. Se evaluaron los caracteres de crecimiento en altura y diámetro para determinar posibles diferencias genéticas entre procedencias, estableciéndose dos ensayos, uno en vivero y otro en campo, con diseño experimental de bloques completos al azar, analizados con el modelo estadístico:  $Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + BP_{ij} + E_{ijk}$ . Se determinó el peso seco a partir de plántulas de un mes de edad, así como la densidad básica de la madera con muestras cilíndricas pequeñas de árboles entre 16 y 30 cm de diámetro, mediante tres métodos: Empírico o gravimétrico, de Desplazamiento de agua y el de Máximo contenido de humedad. Se utilizó el programa SAS para los análisis estadísticos realizados. De los factores ambientales analizados, la temperatura media anual varía de 17.1 a 20°C y la precipitación entre 699 y 1118mm anuales; se identificaron 45 especies arbóreas y arbustivas, encontrando similitudes florísticas entre procedencias de 15 a 52%. Los frutos contenían 37% de semillas llenas, 24% vanas, 21% abortadas y 18% dañadas principalmente por insectos; el promedio de semillas llenas por kilogramo resultó de 6,375 y el peso promedio por semilla se determinó en 0.16g; las dimensiones promedio de las semillas fueron de 10.35 mm de largo, 8.18 mm de ancho y 2.50 mm de espesor; el contenido promedio de humedad de las semillas fue de 10.91%. El porcentaje promedio de germinación fue de 90.14% a los 18 días. La altura promedio de las plántulas en vivero fue de 24.11cm y del diámetro un promedio 3.6mm, con supervivencia de 94.17%. El peso seco promedio de las plántulas fue de 0.19g. En campo el porcentaje de supervivencia fue de 35.94% a 10 meses. Se determinó un promedio de la densidad básica de 0.62g/cm<sup>3</sup>. Se

obtuvieron diferencias estadísticas en todas las variables analizadas ( $P= 0.05$ ), asumiendo con ello la existencia de diferencias genéticas entre las procedencias. Considerando que *Albizia plurijuga* en una especie en riesgo, con la presente investigación se contribuye a su conocimiento para fines de conservación y manejo.

## CAPÍTULO I.

### INTRODUCCIÓN GENERAL.

A través del desarrollo histórico de la humanidad, se han utilizado las plantas con diferentes propósitos: medicinales, comestibles, de ornato, para rituales y maderables. En la actualidad las especies maderables son utilizadas principalmente para la elaboración de pulpa para papel, estructuras, decoraciones y muebles, entre otros productos (Young, 1991). Considerando que población humana en el mundo consume madera a una tasa de  $0.7 \text{ m}^3$  per cápita al año, es razonable suponer que se mantendrá la demanda por fibra y otros productos de madera de alta calidad y que probablemente aumentará en forma proporcional al aumento de la población (Kimmins, 1995, *fide* Jaquish, 2004).

Tradicionalmente se han utilizado pocas especies para satisfacer esta demanda, lo cual contribuye a que se reduzcan sus poblaciones y también al abasto de madera. Flores-Vindas y Obando-Vargas (2003), consideran la necesidad imperiosa de seleccionar otras especies maderables, que substituyan a las tradicionales, perfilándose para tal propósito, una amplia gama de especies. No obstante, con frecuencia el propietario del bosque, el productor, el intermediario y el consumidor desconocen la identidad taxonómica y las propiedades y usos de muchos árboles, como son las propiedades físicas y mecánicas de la madera, así como las características de secado, trabajabilidad, cepillado, taladrado, lijado, torneado, preservación, durabilidad natural y resistencia a los patógenos, con frecuencia son conocidas. De tal manera que aquellas especies, a las cuales no se confiere valor comercial en el presente, constituyen el grupo de las grandes desconocidas.

En varios países, entre ellos México, la madera se obtiene de árboles que crecen en su medio natural, considerando al bosque solamente como productor de madera. Sin embargo, en los últimos años, la percepción hacia el bosque ha cambiado a nivel global y se han producido cambios significativos para establecer las bases en las que se han de apoyar las formas de utilización de los materiales forestales (Montero *et al.*, 2005).

Una perspectiva insoslayable para obtener productos maderables de fuentes diferentes al bosque natural, de especies con potencial productivo, es estableciendo plantaciones forestales comerciales. Las plantaciones tienen por resultado altos rendimientos maderables, aunque no pueden cumplir todas las funciones de las masas arbóreas naturales. Sin embargo, se tienen ventajas en cuanto a sus objetivos específicos: mayor productividad, productos homogéneos en cuanto a tamaño y calidad, se pueden establecer en terrenos que actualmente no sean utilizados y pueden coexistir con actividades agrícolas (García-Salmerón, 2002). Estas ventajas solamente podrán lograrse con árboles de alto rendimiento, genéticamente probados y mejorados, determinando su capacidad de adaptación a las condiciones de manejo con fines comerciales maderables, por lo cual deberán ensayarse los aspectos básicos que permitan su establecimiento.

Patiño-Valera (1978), indica que los ensayos de especies y procedencias constituyen el primer nivel y un requisito indispensable de selección de todo programa de mejoramiento genético. Estos ensayos son primordiales para decidir las especies más adecuadas, para obtener los mejores rendimientos para plantaciones con diversos propósitos, principalmente para las plantaciones forestales comerciales. Zobel y Talbert (1994) consideran que los programas de mejoramiento genético forestal, son aquellos en los cuales se utilizan las procedencias y fuentes de semilla adecuadas, después de que se conozca la mejor fuente geográfica. En este mismo sentido, Sáenz-Romero (2004), considera que un ensayo de procedencias es el primer paso para definir zonas semilleras con criterios altitudinales y con ello, disminuir el riesgo de mala adaptación de las plantas a los sitios de plantación.

A nivel mundial y nacional se utilizan varias especies forestales para fines maderables, tanto de coníferas como de latifoliadas. De estas últimas son de resaltar las especies de la familia Leguminosae, la cual comprende géneros de gran importancia económica como fuente de alimento, forraje, tinte, fibra, goma, resina, aceite y “abono verde”, como ocurre con los géneros *Pisum*, *Lens*, *Phaseolus*, *Vicia*, *Vinga*, *Glycine*, *Trifolium*, *Medicago*, *Lupinus*, *Melilotus*; numerosas cultivadas como ornamentales (*Bahuinia*, *Wisteria*, *Acacia*, *Cassia*, *Cytissus*, *Genista*, *Albizia*, *Lathyrus*) e importantes maderas tropicales (*Acacia*,

*Albizia*, *Dalbergia*, *Robinia*, *Sophora*, etc.). Numerosos árboles y arbustos son capaces de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias (*Acacia*, *Albizia*, *Andira*, *Bauhinia*, *Dalbergia*, *Enterolobium*, *Erythrina*, *Gliricidia*, *Hymenaea*, *Leucaena*, *Mimosa*, *Robinia*), por lo que frecuentemente se utilizan en sistemas agroforestales (Heywood, 1985; Watson y Dallwitz, 1992; Rzedowski, 1997; Tang, 1999; Seigler, 2004 *fide* Yáñez-Espinoza, 2004). También Rzedowski (2007), menciona que entre las leguminosas se encuentran varias especies de gran importancia económica: alimenticias, medicinales, forrajeras, empleadas a manera de abono verde; maderables, ornamentales, a la vez que otras son conocidas como tóxicas, espinosas o malezas invasoras.

Las leguminosas se encuentran entre las familias de plantas vasculares mejor representadas a nivel mundial; se reconocen actualmente 727 géneros y casi 19,325 especies de distribución cosmopolita, principalmente en las regiones cálidas y templadas; en México se encuentran alrededor de 139 géneros con 1,800 especies (Rzedowski, 1992). La familia Leguminosae se divide en tres subfamilias Caesalpinioideae, Papilionoideae y Mimosoideae (Rzedowski, 2007), esta última subfamilia, a la cual pertenece *Albizia plurijuga*, de acuerdo con el mismo autor, comprende cerca de 79 géneros y alrededor de 3,270 especies en el mundo y alrededor de 31 géneros y 386 especies en México, con distribución principal en regiones tropicales, subtropicales, áridas, semiáridas y escasas en regiones templadas.

Rico-Arce *et al.* (2008), mencionan que el género *Albizia* tiene distribución principalmente pantropical y cuenta con aproximadamente 150 especies, particularmente diversificado en el antiguo mundo, considerando para México 10 especies de este género.

McVaugh (1987) reconoce la existencia de dos especies de *Albizia* en el área de las procedencias consideradas en la presente investigación: *A. plurijuga* y *A. occidentalis*. Barney y Grimes (1996) reconocen a este taxón (*A. plurijuga*) como *Hesperalbizia plurijuga* y Rzedowski (2007), lo reconoce como sinónimo de *Albizia occidentalis*, pero agrega que la correcta definición y circunscripción de este taxón está aún pendiente de entender y aceptarse. Rico-Arce *et al.* (2008), discuten sobre la taxonomía del género *Albizia* y

proponen la existencia de dos entidades taxonómicas de *Albizia occidentalis*: *A. occidentalis* var. *occidentalis* y *A. occidentalis* var. *plurijuga*, por lo cual, para estos autores *Albizia plurijuga* corresponde al taxón *A. occidentalis* var. *plurijuga*. Las razones de esta modificación, respecto a la designación del autor de la especie y al tratamiento taxonómico aceptado por McVaugh (*op. cit.*), se debe al hecho de que se observaron diferencias en el número de pares de pinas, pares de foliolos, así como largo y ancho de los mismos y la forma de la glándula peciolar, en las muestras botánicas de diferentes individuos y localidades.

En la presente investigación se respeta la entidad taxonómica de *Albizia plurijuga* (= *Albizia occidentalis*, *Albizia occidentalis* var. *plurijuga* y *Hesperalbizia plurijuga*), en virtud de que al analizar muestras botánicas en el campo y laboratorio, las características encontradas coincidieron con las mencionadas por McVaugh (1987), quien la describe de la siguiente manera: probablemente sea un árbol puberulento cuando es joven; 3-5 pares de pinas; 5-9 pares de foliolos; de (1.4-) 2-5 cm de longitud, de 0.7-1.5 cm de ancho, algunas veces asimétricos; con diminutos pelos en la juventud; con glándula peciolar plana, oblonga; estípulas deciduas; pedúnculo 3-3.5 cm de longitud; fruto 21-24 cm de longitud, 3-4.5 de ancho; semillas 10-12 mm.

McVaugh (*op. cit.*) cita que *Albizia plurijuga* se distribuye en el Valle superior del Río Lerma, sin embargo, dada la controversia taxonómica mencionada, el conocimiento de su distribución no está aún bien definido, por lo cual se tomará como referencia la distribución que propone Rico-Arce *et al.* (2008) para *Albizia occidentalis* var. *plurijuga*, para explicar la distribución de *A. plurijuga*, reconociendo su distribución en el centro, occidente, sur y sureste de México (Figura 1.1).

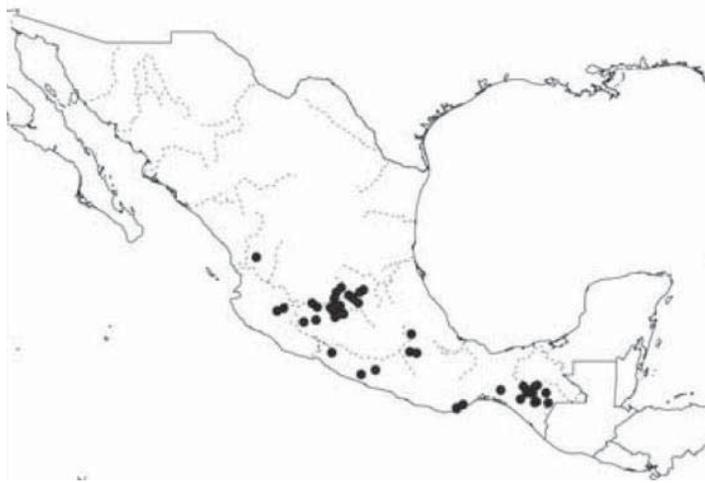


Figura I.1. Distribución de *Albizia occidentalis* var. *plurijuga* (Rico-Arce *et al.*, 2008).

En México y Centroamérica, las especies del género *Albizia* son árboles de crecimiento rápido y de uso múltiple, sumamente valorados en Centroamérica como árboles de sombra y para plantaciones de cosecha, estabilizadores de erosión, mejoradores de suelo, fijadores de nitrógeno, proveedores de forraje para la ganadería con un alto contenido de proteínas, así como árboles maderables y también como proveedores de goma soluble en agua (Allen y Allen, 1981; Lowry *et al.*, 1994; Escalante *et al.*, 1998; Sprent, 2001 *fide* Rico-Arce *et al.*, 2008). Rzedowski (2007), menciona que *Albizia lebeck* (L) Benth., (“acacia” o “capiro”), se observa ocasionalmente en los poblados y a orillas de caminos y *Albizia occidentalis* es tolerada para sombra y en cercos vivos.

*Albizia plurijuga* (= *Hesperalbizia plurijuga*) se incluye en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010), en la categoría de Amenazada. Los estudios relacionados con esta especie son escasos, se circunscriben a la taxonomía y algunos con poca información sobre la distribución, anatomía de la madera y algunos usos. McVaugh (1987) describe las características taxonómicas y distribución ya mencionadas; Madrigal-Sánchez y Guridi-Gómez (2002), investigaron los árboles silvestres del municipio de Morelia, Michoacán (México) y mencionan que *Albizia plurijuga* se ha usado ampliamente en Pátzcuaro, Michoacán, en sustitución de la Parota (*Enterolobium cyclocarpum*) para la elaboración de muebles y otros productos.

Carrillo Sánchez *et al.* (2003), describen las características anatómicas y otras de la madera de *Albizia plurijuga* del municipio de Morelia, de la siguiente manera: Características organolépticas: Corteza externa casi lisa, color gris blanquecino de 0.1 cm de grosor, con presencia de lenticelas, pequeñas y grandes muy dispersas; Corteza interna color castaño rosáceo muy pálido de 0.9 cm de grosor; Color de albura blanco amarillento; Color de duramen castaño, con vetas más oscuras; olor y sabor no perceptibles; veteado pronunciado; textura gruesa; hilo inclinado; brillo alto; densidad 0.53 (mediana).

Gómez-Jiménez (2010), encuentra en un estudio sobre aspectos de propagación de tres especies del Matorral subtropical, en el cual se incluye a *Albizia plurijuga*, que las semillas de esta especie germinaron al 100% sin ningún tratamiento pregerminativo, en condiciones controladas, alcanzando las plántulas una altura de aproximadamente 6 cm a un mes de la germinación; el Índice de calidad de planta de casi 0.02 g y supervivencia en campo de 95% al mes de haberse realizado la plantación.

Encino-Ruíz (2010), evalúa el desempeño de tres especies arbóreas nativas del Bosque tropical caducifolio, en el Cerro Punhuato, municipio de Morelia, Michoacán, incluyendo a *Albizia plurijuga*; encontró que la supervivencia a un año de plantada fue de 26%, sin la presencia de una nodriza, favoreciendo la supervivencia a casi 30% con la presencia de *Eysenhardtia polystachya* como nodriza; alcanzó una altura de 7 cm sin la nodriza y 9 cm con la nodriza.

Díaz-Rivera (2010) evaluó en invernadero, el desempeño de plántulas de *Albizia plurijuga* bajo estrés hídrico en tres tratamientos: con riego constante, con riego intermitente y sin riego; el crecimiento fue mayor tanto en altura como en diámetro en el tratamiento con riego constante, seguido del tratamiento sin riego y en tercer lugar con riego intermitente.

En el año 2009, el autor de la presente investigación, estableció una reforestación con fines de restauración con planta de *Albizia plurijuga* de cuatro procedencias, en una localidad del Estado de Jalisco. Se realizaron trabajos de recolecta de semilla, producción de planta en bolsa de polietileno de 12 cm de diámetro por 25 cm de largo, usando como sustrato tierra de monte proveniente de Bosque de Pino-encino. La reforestación se

estableció en julio de 2009, con 1,600 plantas en una hectárea, en terreno de uso agropecuario. El tipo de suelo es Vertisol pélico, con vegetación secundaria derivada de matorral subtropical. Esta experiencia fue importante para el planteamiento de la investigación del año siguiente (2010). Durante dos años se ha dado seguimiento a la mencionada reforestación, registrándose incrementos en altura de 7.5 cm en dos años y 3.5 mm en el diámetro, así como supervivencia del 85 %.

Por otra parte, también el mismo autor, ha registrado en algunos poblados del Estado de Guanajuato, Jalisco y Michoacán, el uso de la madera de *Albizia plurijuga* para estructuras de soporte y postes para cercos; del fruto como forraje y árboles como cercos vivos y para sombra, por lo cual se considera que puede ser una especie de importancia económica con amplia utilización.

Las diferentes condiciones ambientales en las localidades de *Albizia plurijuga*, son indicadoras para suponer que en condiciones controladas en vivero y en campo, se manifiesten diferencias genéticas entre poblaciones para caracteres cuantitativos como altura y diámetro, así como otras variables. Esto bajo el supuesto de que las diferencias ambientales entre sitios han actuado como una presión de selección, que eventualmente ha favorecido la diferencia genética entre poblaciones.

La presente investigación tiene como objetivos determinar la posible existencia de diferencias genéticas entre las ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en caracteres de crecimiento, lo cual permitirá seleccionar las mejores procedencias para plantaciones forestales comerciales en la región centro-norte del Estado de Michoacán. También se pretende caracterizar aspectos de la producción, calidad y potencial de germinación de las semillas, así como determinar la densidad básica de la madera con probetas de dimensiones pequeñas, a partir de lo cual se determinen algunas propiedades y usos. Considerando que *Albizia plurijuga* es una especie en riesgo, con la presente investigación se contribuye a su conocimiento para fines de conservación y manejo.

El presente documento se ha organizado en seis capítulos: En el **Capítulo I** se presenta una introducción general, señalándose la justificación, antecedentes, aspectos relacionados

con la especie y objetivos de la investigación; en el **Capítulo II** se describen las condiciones ambientales de las procedencias, considerando aspectos básicos del clima, suelo, geología y vegetación; en el **Capítulo III** se tratan aspectos de colecta, producción y porcentaje de germinación de las semillas; el **Capítulo IV** trata sobre el ensayo de procedencias en vivero, evaluando las variables de crecimiento, altura y diámetro, así como la supervivencia y peso seco de las plántulas; también se trata un ensayo de procedencias en campo, evaluando las variables de crecimiento en altura y diámetro, así como la supervivencia; el **Capítulo V**, trata los aspectos relacionados con la determinación de la densidad básica y su relación con otras propiedades físicas de la madera y en el **Capítulo VI** se elabora una discusión y conclusiones generales. Cada uno de los capítulos señalados, excepto los numerados con uno y seis, se dividen en seis apartados: **1.** Introducción, **2.** Objetivos, **3.** Materiales y Métodos, **4.** Resultados y discusión, **5.** Conclusiones, **6.** Bibliografía.

#### **Bibliografía.**

Barney, R.C. y J.W. Grimes. 1996. *Albizia, Hesperalbizia*. En: Silk tree, Guanacaste, monkey's earring: a generic system for the synandrous Mimosaceae of the Americas. Part I. *Abarema, Albizia* and allies. Mem. N.Y. Bot. Gard. 74: 112-245. New York. USA.

Carrillo-Sánchez, A., A. Sánchez-Trejo y L. I. Guridi-Gómez. 2003. Anatomía de la madera y aspectos ecológicos de algunas leguminosas del Matorral subtropical del Municipio de Morelia, Michoacán. Ciencia Nicolaíta. UMSNH. 34:35-44. Morelia, Mich. México.

Díaz-Rivera, E. 2010. Efectos en el desempeño de *Albizia plurijuga* bajo condiciones de estrés hídrico con fines de restauración ecológica. Tesis profesional. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. México. 45 pp.

Encino-Ruíz, L. 2010. Desempeño de tres especies arbóreas nativas del Bosque tropical caducifolio en un proyecto de restauración ecológica en el Cerro Punhuato, Morelia, Michoacán. Tesis profesional. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. México. 57 pp.

Flores-Vindas, E y G. Obando-Vargas. 2003. Árboles del trópico húmedo. Importancia socioeconómica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 1ª. Ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica. 922 pp.

García-Salmerón, J. 2002. Manual de repoblaciones forestales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 794 pp.

Gómez-Jiménez, M. 2010. Evaluación del método de propagación de "Raíz desnuda" para tres especies de Matorral subtropical. Tesis profesional. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich., México. 49 pp.

Jaquish, B.C. 2004. Abasto y manejo de semillas a partir de la recolección de rodales naturales, áreas de producción y huertos semilleros. En: Vargas-Hernández, J.J., B. Bermejo-Velázquez y F. Thomas-Ledig. 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales, Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México y Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. México. pp 88-101.

Madrigal-Sánchez, X. y L. I. Guridi-Gómez. 2002. Los árboles silvestres del municipio de Morelia, Michoacán. Ciencia Nicolaita. UMSNH. 33:20-58. Morelia, Mich. México.

McVaugh, R. 1987. Flora Novo-Galiciana. Vol. 5. Leguminosae. Ann Arbor. The University of Michigan Press. 776 pp.

Montero, G., S. Roing, B. Martín, J. de Miguel y R. Alía. 2005. Distribución natural, ecología, silvicultura y producción de 42 especies de coníferas. En: Red de parcelas de Introducción de Especies del IFIE-INIA [Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias-Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria] (1966-1983). Madrid, España. 382 pp.

Patiño-Valera, F. 1978. Métodos de mejoramiento genético. En: Plantaciones Forestales. Primera Reunión Nacional. Memoria. Direc. Gral. de Inv. y Cap. Ftale. SARH. Publicación esp. No. 13. México. pp 88-96.

Rico-Arce, M. de L., S.L. Gale y N. Maxted. 2008. A taxonomic study of *Albizia* (Leguminosae: Mimosoideae: Ingeae) in Mexico and Central America. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 65(2):255-305. Madrid, España.

Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: *Acta Zoológica Mexicana. La diversidad biológica de Iberoamérica*. Halffter, G. (compilador). Instituto de Ecología A. C. Secretaría de Desarrollo Social. México. pp 313-335.

Rzedowski, J. 2007. *Albizia* Durazz. En: Andrade, M.G., G. Calderón de R., S.L. Camargo-Ricalde, R. Grether, H.M. Hernández, A. Martínez-Bernal, L. Rico, J. Rzedowski y M. Sousa S. Familia Leguminosae. Subfamilia Mimosoideae. En: Rzedowski, J. (compilador). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología. A.C. CONACYT-CONABIO. 150: 61-68. Pátzcuaro, Mich. México.

Sáenz-Romero, C. 2004. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. En: Vargas-Hernández, J.J., B. Bermejo-Velázquez y F. Thomas-Ledig. 2004. *Manejo de Recursos Genéticos Forestales*. Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. México. pp 72-86.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de diciembre de 2010. 77 pp.

Yáñez-Espinosa, L. 2004. *Las principales familias de árboles de México*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 189 pp.

Young, A. R. 1991. *Introducción a las Ciencias Forestales*. Ed. Limusa. México, D.F. 636 pp.

Zobel, B. y Talbert, J. 1994. *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. Ed. UTEHA. México. 545 pp.

## **CAPÍTULO II.**

ASPECTOS ECOLÓGICOS GENERALES DE OCHO PROCEDENCIAS DE *Albizia plurijuga* (Standl.) Britt. et Rose.

### **RESUMEN**

El conocimiento de los aspectos ecológicos en un ensayo de procedencias es importante para el establecimiento posterior del mejor origen. Se realizó una investigación bibliográfica y de cartografía, así como trabajo de campo, para conocer los aspectos ecológicos generales de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*, con el objeto de describir el ambiente en que se desarrolla esta especie. En los subtipos de climas de las procedencias se registran temperaturas promedio anuales entre 17.1 y 20°C y precipitaciones entre 699 y 1118 mm anuales; los tipos de suelos prevalecientes corresponden a Vertisol pélico, Feozem háplico y Litosol; el tipo de unidad geológica corresponde, en la mayoría de las procedencias, a la roca tipo basalto y la altitud varía entre 1516 y 1955 msnm. Se registraron un total de 45 especies de la flora, con el mayor porcentaje de similitud florística entre las procedencias Morelia-Jamaica y Morelia-Zináparo con 52% y el menor porcentaje entre las procedencias Zináparo-Ayotlán con 15%. Existen diferencias ecológicas entre las procedencias de *Albizia plurijuga*, por lo cual puede tener una amplia posibilidad para establecerla en plantaciones forestales.

Palabras clave: *Albizia plurijuga*, procedencias, aspectos ecológicos.

### **II.1. Introducción.**

El origen de las procedencias de *Albizia plurijuga*, corresponde a la parte norte del Estado de Michoacán, sur del Estado de Guanajuato y sureste del Estado de Jalisco (Figura II.1, Cuadro II.1). El tipo de vegetación dominante en esta área es el que reconoce Madrigal-Sánchez (1997) y el INEGI (2002), como Matorral subtropical, considerado por Rzedowski y McVaugh (1966) y Rzedowski (1978), como una comunidad que posiblemente represente, al menos en parte, fases sucesionales más o menos estables del Bosque tropical caducifolio.

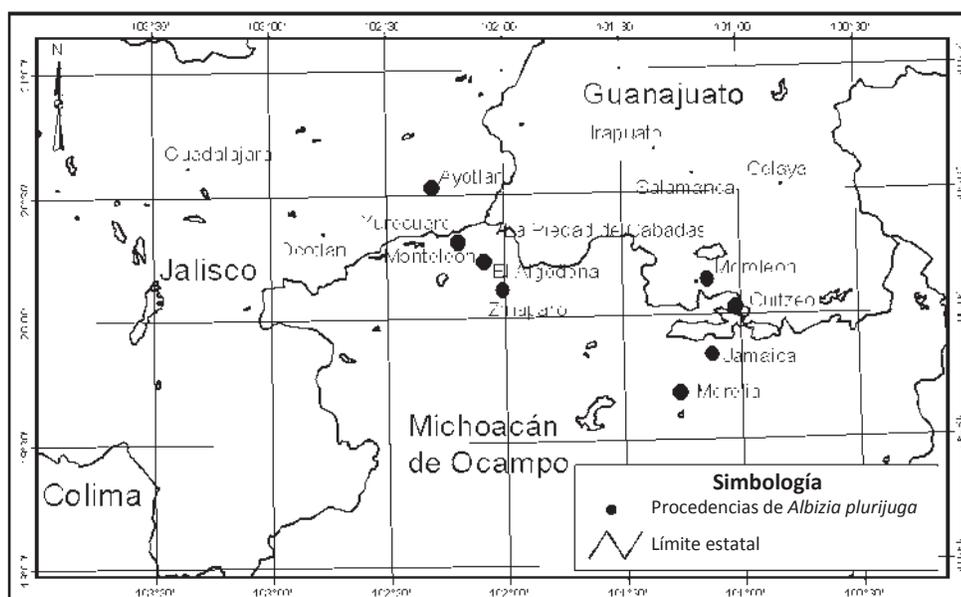


Figura II.1. Ubicación de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Cuadro II.1. Localización de las procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Estado	Coordenadas Geográficas		Rango de altitud
		Latitud Norte	Longitud Oeste	
Cuitzeo	Michoacán	19°57'43.84"	101°06'01.81"	1887-1909
Jamaica	Michoacán	19°51'46.78"	101°08'08.21"	1880-1965
Moroleón	Guanajuato	20°06'55.56"	101°09'28.73"	1827-1951
Morelia	Michoacán	19°41'22.70"	101°17'29.80"	1974-2017
Zináparo	Michoacán	20°10'03.12"	102°01'06.61"	1928-1937
El Algodonal	Michoacán	20°15'17.09"	102°05'22.54"	1762-1845
Montelón	Michoacán	20°18'55.97"	102°13'19.81"	1516-1646
Ayotlán	Jalisco	20°31'12.10"	102°19'30.20"	1623-1662

El Matorral subtropical, de acuerdo con Rzedowski y McVaugh (1966), es característico de la parte central del Estado de Jalisco, extendiéndose al oriente hasta Michoacán y Guanajuato, y al norte hacia Zacatecas, Aguascalientes y quizás Nayarit. Su área continua más extensa es la situada alrededor del Lago de Chapala y de un gran número de otras cuencas lacustres menores. Más al norte, su hábitat preferente son las laderas de profundos cañones que caracterizan la región, ocupando una situación intermedia, por encima del piso del Bosque tropical decido, pero por debajo del piso del Bosque de pino-encino y del Zacatal. Sus límites altitudinales se localizan por lo común hacia los 1600 y 1900 m, aunque en ocasiones se le encuentra unos 100 m más abajo o más arriba de las mencionadas cotas. Labat (1995), menciona que este tipo de vegetación ha sido observado hasta los 2050 m dentro de barrancos expuestos al sur.

El clima correspondiente (Rzedowski y McVaugh, *op. cit.*) es sin duda más riguroso que el propio del Bosque tropical deciduo, pues las heladas se presentan con regularidad, sin ser demasiado severas. Las temperaturas medias anuales son del orden de 17° a 21°C y la precipitación promedio anual parece variar entre 500 y 900 mm. Las lluvias se concentran en un período de 4 a 5 meses (junio a octubre), mientras el resto del año resulta seco. Está restringido a suelos someros y pedregosos de las laderas de los cerros, siendo substituido en terrenos planos o poco inclinados por el Bosque espinoso o por el Zacatal. El sustrato geológico característico es el volcánico, predominando riolitas y andesitas, que producen por lo común un suelo más o menos arenoso, ácido y más bien pobre en materia orgánica. Labat (1995), menciona que también se encuentra este tipo de vegetación sobre roca basáltica y en suelos andosoles, vertisoles, luvisoles, litosoles.

Por su fisonomía, el Matorral subtropical puede ser una formación más o menos cerrada o abierta, dominada por arbustos altos o árboles pequeños de 3 a 5 m de alto. La mayor parte de las plantas pierde sus partes verdes durante un periodo de 7 a 9 meses. Los arbustos espinosos pueden ser más o menos frecuentes, pero rara vez juegan el papel de dominantes. Un estrato de eminencias aisladas, de 6 a 12 m de alto, puede estar presente. Estos árboles son en general los propios del Bosque tropical deciduo y quizá no representan sino restos del mismo. Se observa también un estrato arbustivo principal y uno más bajo de entre 1 y 2 m de alto. Las plantas herbáceas están bien representadas y forman en la época favorable del año un estrato más o menos continuo, sobre todo en función de la superficie disponible del suelo, pues en las laderas muy inclinadas, las rocas y las piedras no dejan mucho espacio entre sí. El Matorral subtropical está desprovisto de lianas conspicuas y entre las epífitas vasculares solamente destaca *Tillandsia recurvata* Rzedowski y McVaugh (*op. cit.*). Labat (1995), cita otras especies de epífitas como son: *Tillandsia achrostachys*, *T. fasciculata* y *T. recurvata* y por las parasitas: *Phoradendron carneum*, *Psittacanthus calyculatus* y *P. sonora*. Madrigal-Sánchez (1997), describe a esta comunidad vegetal en el Estado de Michoacán, con árboles bajos entre 5-10 m de altura, los cuales en su mayoría pierden las hojas en la época seca del año, distribuyéndose en la Región del Bajío y en el Eje Neovolcánico.

En el Matorral subtropical las especies vegetales se usan principalmente para la obtención de leña, postes para cerca y madera para estructuras diversas; se practica la ganadería extensiva y en áreas comúnmente pequeñas, es común la agricultura de temporal; a propósito de lo cual Rzedowski y McVaugh, *op. cit.*, mencionan que el impacto de las actividades humanas se nota prácticamente en todas las localidades, bien en forma de desmontes, de la explotación de leña, en forma de incendios y de cría de ganado. No se han podido observar lugares completamente libres de algunas, al menos, de estas causas de disturbio. La ganadería y sus actividades conexas son, sin embargo, las que más influencia parecen causar en la época actual. Madrigal-Sánchez (1997), menciona que por la presencia de gramíneas y especies de ramoneo (este tipo de vegetación) se utiliza para pastoreo de ganado bovino, caprino y equino.

No se conoce algún uso comercial maderable de importancia en el Matorral subtropical. Algunas de sus especies arbóreas como *Cedrella dugesii*, *Conzattia multiflora*, *Lysiloma microphylla*, *Lysiloma acapulcensis*, *Bursera* spp. y la propia *Albizia plurijuga*, entre otras, son especies con potencial para esos propósitos; este potencial puede ser estudiado desde diversos aspectos, uno de los cuales y de mayor importancia son los estudios o ensayos de procedencias.

No obstante que el área origen de las procedencias que se investigan en el presente trabajo presenta el mismo tipo de vegetación, tal como se acaba de señalar, existen diferencias en cuanto a la composición florística, tipo de suelo, subtipo de clima y altitud. Por lo tanto, se asume que estas variadas condiciones ecológicas influyen en el crecimiento de las especies vegetales, específicamente las especies arbóreas. Una manera de probar la influencia del ambiente en el crecimiento de estas especies, es estableciendo ensayos de procedencias, para lo cual es indispensable el conocimiento previo de las condiciones ecológicas que permitan la mejor planeación y definición de las áreas en que deban utilizarse esas procedencias.

## II.2. Objetivos.

Describir las condiciones ambientales de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*, considerando aspectos físicos y biológicos generales.

## II.3. Materiales y métodos.

Se realizaron consultas bibliográficas y de cartografía, así como recorridos de campo con el objeto de registrar información sobre las condiciones físicas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*, destacándose la siguiente información: ubicación fisiográfica, subtipo de clima, tipo de suelo, unidades geológicas y altitud. La mayor parte de las especies de la flora se identificaron directamente en el campo, considerando únicamente árboles y arbustos sobresalientes. En los casos en que no fue posible la identificación en el campo, se realizaron las colectas correspondientes para su identificación con ayuda de bibliografía especializada (Standley, 1920-1926; McVaugh, 1987 y Rzedowski y Rzedowski, 2001). Se establecieron similitudes florísticas entre las procedencias mediante el método de Jaccard, con el objeto de contar con algunos elementos de análisis de los aspectos ecológicos de las procedencias, en virtud de que las condiciones ambientales se asocian comúnmente con la vegetación, utilizando el modelo siguiente:

$$C_j = (J / (a + b - j)) \times 100$$

En donde:

$C_j$  = Índice de Jaccard.

$J$  = Número de especies comunes entre dos sitios.

$a$  = Número de especies del sitio **a**.

$b$  = Número de especies del sitio **b**.

Con los datos resultantes se construyó una matriz indicándose el número de especies comunes y los valores porcentuales de similitud entre los sitios.

También se realizaron análisis de correlación entre temperaturas y precipitación con el índice de aridez.

#### II.4. Resultados y discusión.

Considerando la información cartográfica del INEGI (1980a, 1981a, 1985a), todas las procedencias de *Albizia plurijuga* incluidas en la presente investigación se localizan en la Provincia fisiográfica conocida como Eje Neovolcánico, así como en las subprovincias fisiográficas Neovolcánica Tarasca y Sierras y Bajíos Michoacanos, con topoformas de diferente denominación (Cuadro II.2).

Prevalecen en las procedencias cuatro subtipos de clima (Cuadro II.2):

**C (w<sub>0</sub>) (w).** Templado subhúmedo con lluvias en verano, el menos húmedo; la precipitación anual es de 986 a 1031 mm y la precipitación invernal menor de 5%; la temperatura media anual es de 17.4 a 17.5°C; la temperatura del mes más frío es de 5.3°C y la del mes más caliente es de 29.9°C; la frecuencia de heladas fluctúa entre 5 a 40 días anuales y la frecuencia de granizadas de 0 a 2 días anuales (INEGI, 1985, 1985b, <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/>).

**C (w<sub>1</sub>) (w).** Templado subhúmedo con lluvias en verano, intermedio en humedad; la precipitación anual es de 699 a 1118 mm y la precipitación invernal menor a 5%; la temperatura media anual es de 17.1 a 18.1°C; la temperatura del mes más frío es de 5.3°C y la del mes más caliente es de 30.1°C; la frecuencia de heladas fluctúa entre 20-40 días anuales y la frecuencia de granizadas de 0 a 4 días anuales (INEGI, 1980, 1980b, 1985, 1985b, <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/>).

**(A) C (w<sub>0</sub>) (w).** Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, el menos húmedo: la precipitación anual es de 767 mm y la precipitación invernal menor de 5%; la temperatura media anual es de 19.7°C; la temperatura del mes más frío es de 6.0°C y la del mes más caliente es de 32.6°C; la frecuencia de heladas fluctúa entre 5 a 20 días anuales y la frecuencia de granizadas de 2 a 4 días anuales (INEGI, 1985, 1985b, <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/>)

**(A) C (w<sub>1</sub>) (w).** Semicálido subhúmedo con lluvias en verano, intermedio en humedad; la precipitación anual es de 718 a 777 mm, con la invernal menor a 5%; la temperatura

media anual es de 17.8 a 20.0°C; la temperatura del mes más frío es de 5.4°C y la del mes más caliente es de 32.9°C; la frecuencia de heladas fluctúa entre 5 a 20 días anuales y la frecuencia de granizadas de 2 a 4 días anuales (INEGI, 1981, 1981b, 1985, 1985b, <http://forest.moscowfl.wsu.edu/climate/>).

Con respecto a los tipos de suelo, son característicos los vertisoles y feozem y en menor proporción los litosoles y luvisoles (Cuadro II.2).

**Vertisol.** Corresponde a suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Tiene baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización (INEGI, 1980, 1980c, 1981, 1981c, 1985, 1985c).

**Feozem.** Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los feozems son de profundidad muy variable, generalmente se encuentran en terrenos planos cuando son profundos; son menos profundos cuando se sitúan en laderas o pendientes, presentando como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte (INEGI, 1981, 1981c, 1985, 1985c).

**Litosol** (=Leptosol de acuerdo con WRB, 1999). Se caracteriza por su profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable, dependiendo de otros factores ambientales (INEGI 1985, 1985c).

**Luvisol.** Se caracteriza por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo; es frecuentemente rojo o amarillo, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. Son suelos con alta susceptibilidad a la erosión (INEGI 1985, 1985c).

En relación al sustrato geológico, en la mayoría de las procedencias el tipo Basalto es dominante; la Toba ácida y la Riolita se presentan en solamente una procedencia (Cuadro II.2).

**Basalto.** Es de color pardo, negro o gris oscuro. Los minerales que la constituyen son, entre otros, plagioclasas y olivino. Se encuentra dispuesta en mesas y coladas de lava, estas últimas son amplias y muestran huellas de una alta fluidez. Estos basaltos están relacionados con el último de los eventos magmáticos constructivos y cubre discordantemente a todas las unidades anteriores que pertenecen al Terciario Superior (INEGI 1980, 1980d, 1981, 1981d, 1985, 1985d).

**Toba ácida.** Unidad del Terciario Superior está constituida por tobas riolíticas, algunas ignimbritas y productos piroclásticos de diversas características. Su composición mineralógica es de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa sódica, biotita, sericita, calcita, zircón, hematita, esfena y magnetita. Las tobas se presentan en paquetes gruesos y son, por lo general, deleznales, las ignimbritas se presentan muy tenaces y tienen vesículas aplanadas horizontales, paralelas entre sí, algunas rellenas parcialmente por sílice. La unidad está asociada por algunos derrames de riolita. Sus relaciones estratigráficas son discordantes sobre las rocas más antiguas (INEGI 1985, 1985d).

**Riolita.** Corresponde al Terciario Superior, es de color rojo claro que intemperiza a pardo, esta unidad generalmente se encuentra asociada a tobas ácidas pumicíticas y a derrames vítreos. El fracturamiento varía de moderado a intenso, y el intemperismo de somero a profundo (INEGI 1981, 1985d).

La información anterior indica algunas diferencias y similitudes entre los factores físicos de las procedencias de *Albizia plurijuga*, lo cual se deduce al observar que se presentan cuatro subtipos de climas, predominando el subtipo (A) C (w<sub>1</sub>)(w). En cuanto al tipo de suelo, se reporta en todas las procedencias el Vertisol y únicamente en la procedencia Morelia se registra el Luvisol, siendo también importantes los tipos Feozem y Litosol. En la mayoría de las procedencias el tipo de sustrato geológico corresponde a la unidad Basalto, presentándose la Toba ácida y la Riolita, cada una en una procedencia (Cuadro II.2).

Cuadro II.2. Aspectos físicos generales de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Provincia fisiográfica	Subprovincia fisiográfica	Topoformas	Clima	Suelo	Sustrato geológico
Cuitzeo	Eje Neovolcánico	Neovolcánica tarasca	Lomerío de colinas redondeadas	C (w <sub>0</sub> )(w) T 17.5°C P 986mm	Vertisol pélico+Litosol de textura fina	Toba ácida
Jamaica	Eje Neovolcánico	Neovolcánica tarasca	Tierra de laderas tendidas	C (w <sub>0</sub> )(w) T 17.4°C P 1031mm	Vertisol pélico + Feozem háplico + Litosol de textura fina	Basalto masivo
Moroleón	Eje Neovolcánico	Sierras y bajíos michoacanos		C (w <sub>1</sub> )(w) T 18.1°C P 699mm	Vertisol pélico de textura fina	Basalto masivo
Morelia	Eje Neovolcánico	Neovolcánica tarasca	Escudo de volcanes aislados	C (w <sub>1</sub> )(w) T 17.1°C P 1118mm	Luvisol de textura fina	Basalto
Zináparo	Eje Neovolcánico	Sierra y bajíos michoacanos	Lomerío de colinas redondeadas y onduladas	(A) C (w <sub>1</sub> )(w) T 17.8°C P 777mm	Vertisol pélico + Feozem háplico de textura fina	Basalto
El Algodonal	Eje Neovolcánico	Sierras y bajíos michoacanos	Sierra de laderas tendidas con lomerío	(A) C (w <sub>1</sub> )(w) T 18.9°C P 736mm	Vertisol pélico + Feozem háplico de textura fina	Basalto
Monteleón	Eje Neovolcánico	Sierras y bajíos michoacanos	Sierra de laderas tendidas con lomeríos	(A) C (w <sub>0</sub> )(w) T 19.7°C P 767mm	Vertisol pélico + Feozem háplico de textura fina	Basalto
Ayotlán	Eje Neovolcánico	Sierras y bajíos michoacanos	Mesetas lávicas	A C (w <sub>1</sub> )(w) T 20.0°C P 718mm	Feozem lúvico + Litosol + Vertisol pélico de textura fina	Riolitas y Basalto

P= precipitación; T= temperatura.

Se observó que en las procedencias existen diferentes condiciones fisonómicas de la vegetación, dadas fundamentalmente por actividades humanas que han generado perturbación e influido en el desarrollo del ecosistema (Figura II.2).

Se registraron 45 especies; algunas de ellas únicamente se localizan en una procedencia, por ejemplo, en Monteleón *Mimosa biuncifera*; en Ayotlán: *Bumelia laetevirens* y *Ficus petiolaris*; en Zináparo *Bunchosia palmeri* y en Jamaica *Erythrina coralloides* y *Morus celtidifolia*. Respecto a las especies más comunes se pueden mencionar a *Ipomoea murocoides*, *Celtis caudata*, *Zanthoxylum affine* y *Heliocarpus terbentinaceus* (Cuadro II.3).

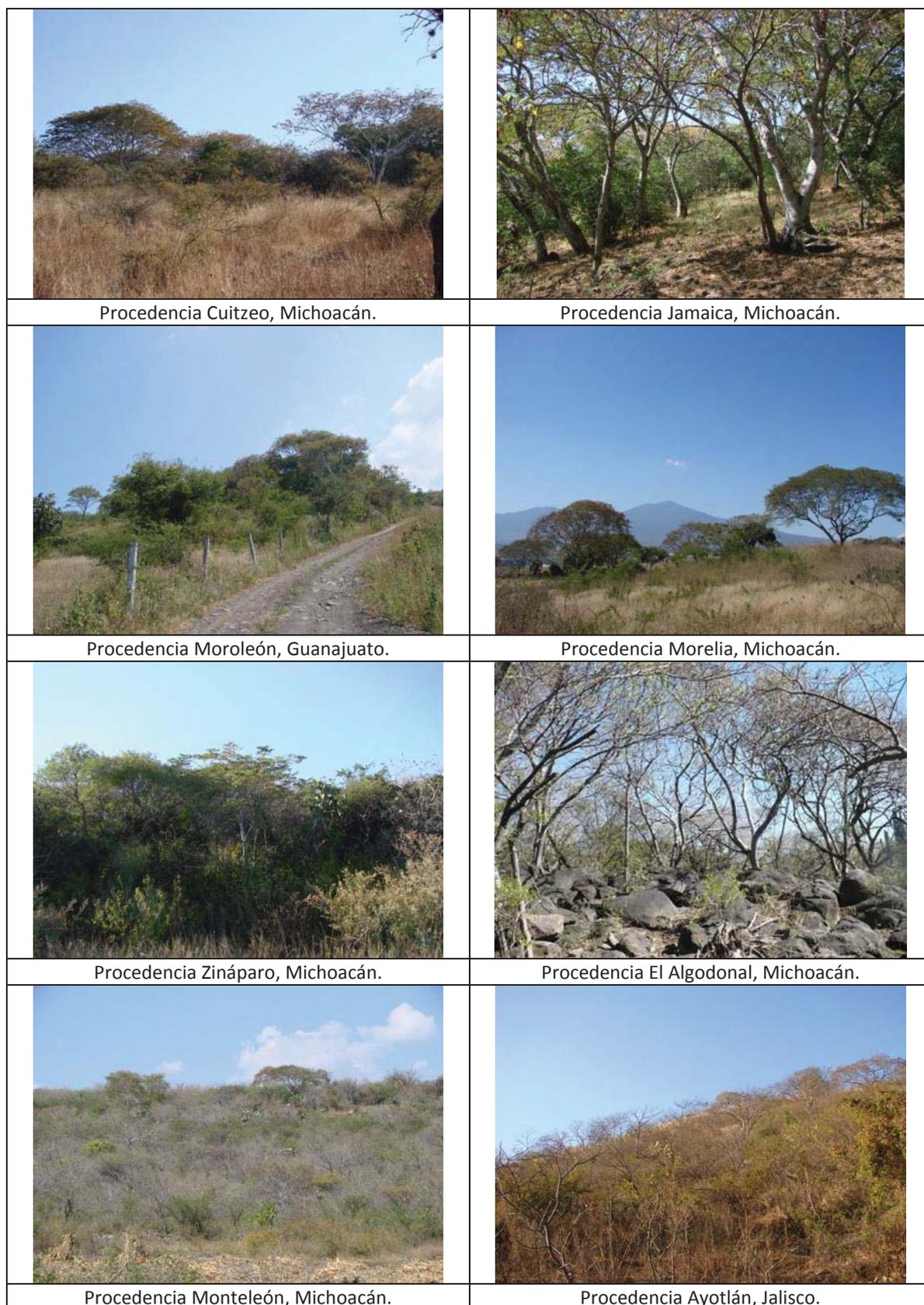


Figura II.2. Aspectos ecológicos generales de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Cuadro II.3. Especies de la flora en ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Especie	Morelia	Moroleón	Jamaica	Cuitzeo	Zináparo	Algodonal	Monteleón	Ayotlán
<i>Acacia farnesiana</i>	X	X	X		X	X		
<i>Acacia pennatula</i>	X	X	X		X	X		
<i>Agonandra racemosa</i>		X					X	X
<i>Baccharis heterophylla</i>			X					
<i>Buddleia sesilifolia</i>								
<i>Bumelia laetevirens</i>								X
<i>Bunchosia palmeri</i>						X	X	
<i>Bursera bipinnata</i>	X				X		X	
<i>Bursera cuneata</i>	X							
<i>Bursera fagaroides</i>	X		X			X		X
<i>Bursera palmeri</i>	X		X	X	X	X		
<i>Bursera penicillata</i>						X		X
<i>Casimiroa edulis</i>	X		X	X	X	X	X	
<i>Ceiba aesculifolia</i>	X	X	X		X	X	X	
<i>Celtis caudata</i>	X	X	X		X	X	X	
<i>Colubrina triflora</i>					X			
<i>Condalia velutina</i>		X		X			X	X
<i>Ehretia latifolia</i>	X		X					X
<i>Erythrina coralloides</i>			X					
<i>Euphorbia tanquehueue</i>						X	X	X
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	X	X		X	X			X
<i>Eysenhardtia</i> sp.					X			
<i>Ficus cotinifolia</i>			X				X	
<i>Ficus peliolaris</i>								X
<i>Forestiera phillyreoides</i>							X	X
<i>Heliocarpus terebentinaceus</i>		X	X	X	X	X	X	X
<i>Ipomoea murocoides</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lippia palmeri</i>	X				X			
<i>Lysiloma acapulcensis</i>				X	X	X		
<i>Lysiloma microphyllum</i>							X	X
<i>Manihot caudata</i>			X				X	
<i>Mimosa biuncifera</i>					X		X	
<i>Morus celtidifolia</i>			X					
<i>Opuntia hyptiacantha</i>	X	X	X		X	X	X	
<i>Opuntia velutina</i>		X		X		X	X	X
<i>Pereskiaopsis diguetii</i>						X	X	X
<i>Pithecellobium dulce</i>						X	X	
<i>Prosopis laevigata</i>				X		X	X	X
<i>Randia pringlei</i>		X	X		X		X	X
<i>Rhus</i> sp.					X			
<i>Senecio salignus</i>		X						
<i>Senna polyantha</i>							X	X
<i>Stenocereus</i> sp.						X	X	
<i>Tecoma stans</i>	X		X	X				
<i>Zanthoxylum affine</i>	X	X	X	X	X		X	X

Existe similitud florística desde baja hasta media entre las procedencias, presentándose el mayor porcentaje (52.17%) entre las procedencias Morelia con Jamaica y Morelia con Zináparo y la más baja (15.15%) entre las procedencias Zináparo y Ayotlán (Cuadro II.4).

Cuadro II.4. Matriz de similitud florística de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencias	Cuitzeo	Jamaica	Moroleón	Morelia	Zináparo	Algodonal	Monteleón	Ayotlán	Porcentaje de similitud
Cuitzeo	11	25.00	31.58	28.57	30.43	30.43	25.00	30.43	
Jamaica	6	19	37.50	52.17	40.74	35.71	30.30	18.75	
Moroleón	6	9	14	36.36	43.48	32.00	35.71	32.00	
Morelia	6	12	8	16	52.17	34.62	21.21	16.67	
Zináparo	7	11	10	12	19	35.71	30.30	15.15	
El Algodonal	7	10	8	9	10	19	43.33	26.67	
Monteleón	7	10	10	7	10	13	24	43.33	
Ayotlán	7	6	8	5	5	8	13	19	

En la línea diagonal que forman las celdas con el color oscuro se indica el número de especies de la asociación vegetal de las procedencias; de esta línea diagonal hacia arriba se indica el porcentaje de similitud florística y de la línea diagonal hacia abajo se indica el número de especies comunes entre las procedencias.

Existe correlación negativa alta, significativa entre la precipitación anual y el índice de aridez ( $r=-0.99$ ,  $P<0.0001$ ), de lo cual se puede deducir que en las procedencias con mayor precipitación se registra un menor índice de aridez (Figura II.3).

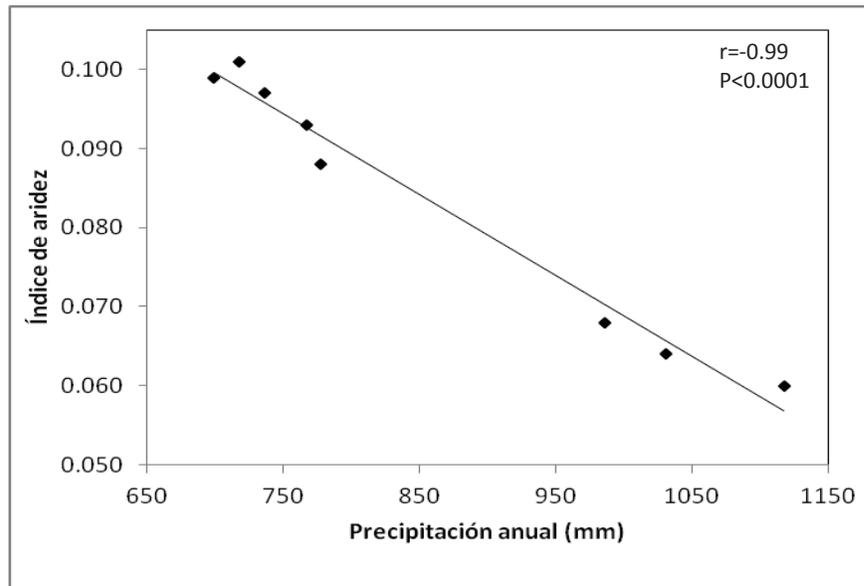


Figura II.3 Correlación entre la precipitación anual e índice de aridez de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Por otra parte la correlación entre el promedio anual de temperatura y el índice de aridez ( $r=0.80$ ,  $P=0.0171$ ), indica que las procedencias con menor índice de aridez presentan menor temperatura media anual (Figura II.4), por lo tanto son más cálidos.

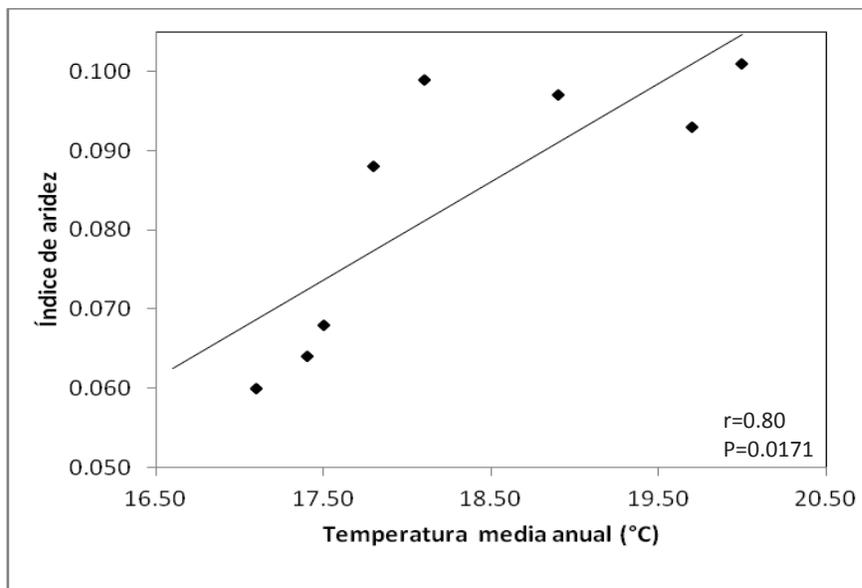


Figura II.4. Correlación entre la temperatura media anual e índice de aridez de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Con respecto a la correlación entre la temperatura del mes más frío y el índice de aridez ( $r=0.73$ ,  $P=0.0390$ ), los resultados indican que en las procedencias con temperaturas más bajas, el índice de aridez es menor (Figura II.5).

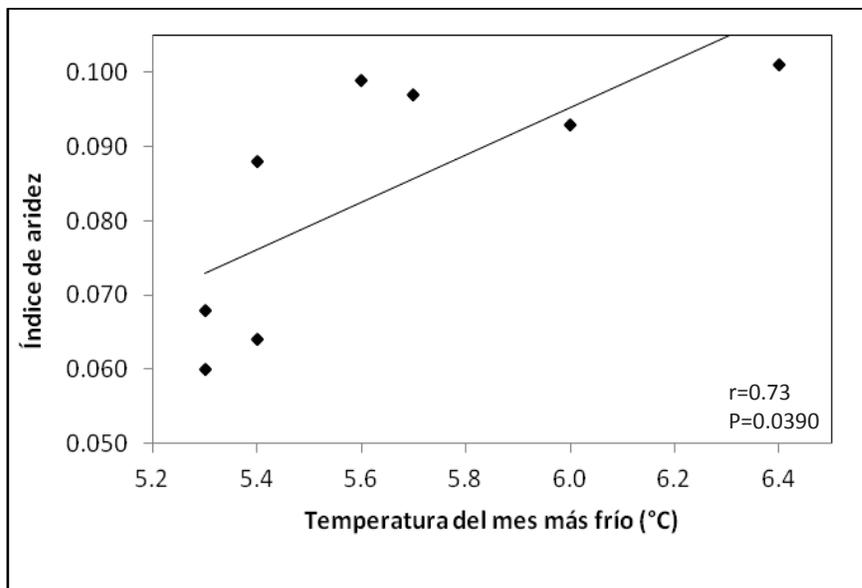


Figura II.5. Correlación entre la temperatura del mes más frío e índice de aridez de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Las anteriores gráficas, con sus valores de  $r$  y  $P$ , indican la existencia de diferencias en los factores ecológicos de temperatura y precipitación, condiciones que sugieren la existencia

de diferencias también de los factores bióticos, como es el caso de las diferencias en la similitud florística y en última instancia sugieren la interacción genotipo ambiente.

## **II.5. Conclusiones.**

Las procedencias de *Albizia plurijuga* presentan diferencias en algunos aspectos ambientales, las cuales se muestran en los factores físicos tales como el suelo y el clima; el sustrato geológico corresponde en la mayoría de las procedencias al tipo basalto. Los valores resultantes de las correlaciones entre la temperatura media anual, la temperatura del mes más frío y la precipitación anual, respecto del índice de aridez, son altos y estadísticamente significativos, lo cual indica la existencia de diferencias importantes entre las procedencias entre esos factores físicos. Tales diferencias también se reflejan en los porcentajes de similitud florística, siendo importante este conocimiento al momento de definir las mejores fuentes para compararlas con las áreas en las cuales se llevaran a cabo las plantaciones y de esa manera prevenir pérdida de material genético y recursos económicos. Siempre que se pretenda llevar a cabo un programa de mejoramiento genético forestal es necesario conocer las condiciones ecológicas de las procedencias y de los sitios de plantación.

## **II.6. Bibliografía.**

Forest Climate Change Evidence: Potential Effects of Global Warming on Forests and Plant Climate. [Internet]. Disponible en: <<http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/>>. Fecha de consulta: [04-febrero-2011].

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1980. Síntesis Geográfica del Estado de Guanajuato. SPP. México, D.F. 322 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1980a. Carta de la Fisiografía del Estado de Guanajuato. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1980b. Carta de los Climas del Estado de Guanajuato. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1980c. Carta de los Suelos del Estado de Guanajuato. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1980d. Carta de la Geología del Estado de Guanajuato. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981. Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco. SPP. México, D.F. 316 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981a. Carta de la Fisiografía del Estado de Jalisco. Esc. 1:1000 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981b. Carta de los Climas del Estado de Jalisco. Esc. 1:1000 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981c. Carta de los Suelos del Estado de Jalisco. Esc. 1:1000 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981d. Carta de la Geología del Estado de Jalisco. Esc. 1:1000 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. SPP. México, D.F. 316 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985a. Carta de la Fisiografía del Estado de Michoacán. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985b. Carta de los Climas del Estado de Michoacán. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985c. Carta de los Suelos del Estado de Michoacán. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985d. Carta de la Geología del Estado de Michoacán. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2002. Guía para la interpretación de cartografía. Uso del suelo y vegetación. Aguascalientes, Ags. 89 pp.

IUSS Grupo de trabajo WRB. 2007. Base referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO. Roma. 90 pp.

Labat, Jean-Noël. 1995. Végétation du nord-ouest du Michoacán Mexique. Flora del Bajío y de las Regiones Adyacentes. Fascículo complementario VIII. (243-283). Ins. de Ecol. A.C. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Madrigal-Sánchez, X. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México. Ciencia Nicolaíta. UMSNH. 15:65-75. Morelia, Mich. México.

Rzedowski, J. y R. McVaugh. 1966. Contributions from the University of Michigan Herbarium. Vol. 9, No. 1 (1-123). University Herbarium. University of Michigan. Ann Arbor, Michigan.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

Zobel, B. y Talbert, J. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. UTEHA. México, D.F. 545 pp.

Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad/ Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Mich. México. 1406 pp.

Standley, P.C. 1920-1926. Trees and shrubs of Mexico. Vol. 23. Parts. 1-5. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. 1721 pp.

## **CAPÍTULO III.**

VARIACIÓN EN LAS SEMILLAS DE *Albizia plurijuga* (Standl.) Britt. et Rose.

### **RESUMEN**

Se considera a las semillas como la principal fuente de germoplasma en la regeneración natural o artificial de los bosques, sin embargo, es frecuente que en los programas de plantaciones forestales no se considera ni la fuente ni la calidad de las semillas. Se recolectaron semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* y se determinó la variación en los aspectos de la producción mediante los métodos comúnmente aceptados, determinándose el porcentaje de germinación en un diseño experimental de bloques completos al azar. Los frutos contenían en promedio: 37% semillas llenas, 24% vanas, 18% dañadas y 21% abortadas. En promedio el índice de producción de semilla fue de 0.51. La cantidad de semillas llenas/kg fue de 6,375. Los promedios para longitud fueron de 10.35 mm, ancho 8.18 mm y espesor 2.50 mm. El porcentaje del contenido de humedad promedio se registró de 10.91%. La germinación fue de 90% en promedio en un periodo de 18 días, con un valor máximo de 97% y un mínimo de 80%. Se obtuvieron diferencias estadísticas en los valores anteriormente señalados ( $P < 0.05$ ). Existió variación en los parámetros evaluados, por lo cual se considera de suma importancia para los programas de mejoramiento genético forestal, correspondiendo la mejor fuente de semilla a la procedencia Ayotlán, Jalisco.

Palabras clave: *Albizia plurijuga*, variación en semillas, fuente de semillas.

### **III.1. Introducción.**

Las semillas de árboles y arbustos constituyen una de las formas más importantes de germoplasma primario para la regeneración natural o artificial de los bosques. Las semillas de muchas especies son utilizadas para el establecimiento de plantaciones comerciales en diversas partes del mundo, las cuales suministran madera, celulosa, forrajes, tintes, esencias, grasas, ceras, aceites, alimentos, fármacos, etc. (Niembro-Rocas, 1988). Las semillas son el vehículo natural para la reproducción de las plantas, así como para la

recolección, transporte, manejo y almacenamiento de germoplasma, con la ventaja de que éstas preservan la variabilidad genética, resultante de la reproducción sexual; desempeñan una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las plantas; es uno de los principales recursos para el manejo agrícola y silvícola de las poblaciones de plantas, para la reforestación, para la conservación del germoplasma vegetal y para la recuperación de especies valiosas sobreexplotadas (Vázquez-Yanes *et al.*, 2005).

Es frecuente que en los programas de plantaciones no se considere ni la fuente, ni la calidad de la semilla y debido a estas circunstancias, cualquier programa no tendrá éxito. Peñuelas-Rubira y Ocaña-Bueno (2000), señalan que si se emplea un origen adecuado se consigue una masa (*forestal*) de buenas características, grandes crecimientos, etc.; si se emplea un origen inadecuado, los resultados pueden ser negativos: alta mortalidad, masas en malas condiciones, individuos con porte achaparrado o tortuoso, crecimientos pobres, etc. Jaquish (2004), considera que, eventualmente, la experiencia práctica y los resultados de la investigación han demostrado que una semilla de alta calidad, bien adaptada, de las especies apropiadas, en número preciso y en el tiempo adecuado, son elementos esenciales para una reforestación artificial exitosa.

La importancia de las semillas se orienta en dos aspectos, al conocimiento de las características físicas y biológicas y a la determinación de las mejores fuentes. García-Salmerón (2002) considera que el estudio de las semillas debe ser previo a otros de la propia técnica de la repoblación y que los análisis están orientados a determinar diversas características de un lote de semillas: pureza, identidad, número de semillas por unidad de peso, porcentaje de germinación, contenido de humedad, vigor y otras más. La calidad de las semillas es un concepto aplicable a diferentes propiedades de las mismas; entre otras, las relacionadas con su capacidad para dar lugar rápidamente a plántulas de crecimiento vigoroso y de aspecto normal (Peñuelas-Rubira y Ocaña-Bueno, 2000).

Para determinar las mejores fuentes se recolectan las semillas de diversos orígenes geográficos o comunidades y se cultivan en una o más localidades en condiciones que

hacen posible comparar el rendimiento relativo a cada fuente de semilla con todas las demás (Young, 1991). Sáenz-Romero (2004) señala que las mejores fuentes de semillas se determinan estableciendo ensayos de procedencias y definiendo zonas productoras de acuerdo con límites de altitud.

Una vez que se han identificado las procedencias, las semillas que se necesitan para la reforestación pueden ser recolectadas en rodales o en áreas específicas. Casi siempre es más eficiente seleccionar los mejores rodales, antes de seleccionar los mejores árboles dentro del rodal (Young, *op. cit.*). Lester *et al.*, 1992, *fide* Jaquish (2004), consideran que un paso más allá de la recolección oportuna de semillas en rodales naturales, es la designación de ciertos rodales deseables de alta calidad, como áreas de producción de semillas.

En el aspecto económico, el costo de la semilla empleada supone un porcentaje reducido en el costo total de planta, y muy pequeño en el de la repoblación (Peñuelas-Rubira y Ocaña-Bueno, 2000); sin embargo, no es razón para decidir reducir los costos en la obtención de semilla y tener semilla de baja calidad, porque aunque el costo es menor con respecto a los otros costos, es la base para producir una planta de buena o mala calidad. La razón más importante cuando se pretende establecer una plantación forestal comercial es obtener semillas de la mejor fuente y de buena calidad.

### **III.2. Objetivos.**

Conocer la variación en características de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en aspectos de morfología, producción y potencial de germinación.

### **III.3. Materiales y métodos.**

Se recolectaron frutos de *Albizia plurijuga* entre noviembre y diciembre de 2009, en ocho procedencias: seis en el Estado de Michoacán, una en el Estado de Guanajuato y una en el Estado de Jalisco (Figura III.1, Cuadro III.1). Los frutos se obtuvieron de nueve árboles por procedencia, la cantidad suficiente para extraer la semilla necesaria a utilizarse en las etapas de la presente investigación. La recolecta se efectuó de árboles en pie con

abundante producción de semilla. Los frutos recolectados de un solo árbol se colocaron en una bolsa de plástico en la cual se colocó una etiqueta de identificación. Las bolsas con los frutos de los nueve árboles de la misma procedencia, se depositaron en una bolsa de mayor tamaño, conteniendo una etiqueta con los datos de la procedencia: Fecha, nombre genérico de la procedencia, coordenadas geográficas, altitud y fecha.

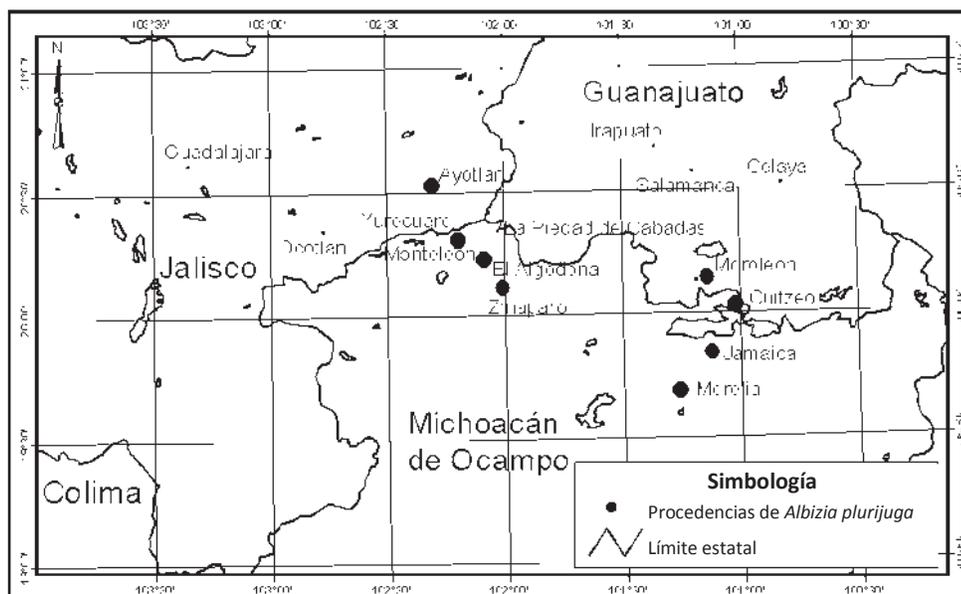


Figura III.1. Ubicación de ocho procedencias de semillas de *Albizia plurijuga*.

Cuadro III.1. Localización de las procedencias de semillas de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Estado	Coordenadas Geográficas		Rango de altitud de la recolecta
		Latitud Norte	Longitud Oeste	
Cuitzeo	Michoacán	19°57'43.84"	101°06'01.81"	1887-1909
Jamaica	Michoacán	19°51'46.78"	101°08'08.21"	1880-1965
Moroleón	Guanajuato	20°06'55.56"	101°09'28.73"	1827-1951
Morelia	Michoacán	19°41'22.70"	101°17'29.80"	1974-2017
Zináparo	Michoacán	20°10'03.12"	102°01'06.61"	1928-1937
El Algodonal	Michoacán	20°15'17.09"	102°05'22.54"	1762-1845
Monteleón	Michoacán	20°18'55.97"	102°13'19.81"	1516-1646
Ayotlán	Jalisco	20°31'12.10"	102°19'30.20"	1623-1662

Las semillas se extrajeron manualmente de los frutos, lo cual se facilitó por el estado seco de las vainas (frutos) al momento de la recolecta. En virtud de que los residuos de los frutos se mezclaron con las semillas al momento de extraerlas, fueron separados vertiendo la mezcla sobre un recipiente y haciendo pasar en el momento una fuente de aire con un ventilador doméstico.

Se analizaron los frutos de los nueve árboles (37 vainas por árbol) de cada procedencia (en total 333 vainas por procedencia, 2,664 en total), con el modelo estadístico siguiente (Alderete-Chávez *et al.*, 2005):

$$Y_{ij} = \mu + P_i + E_{ij}$$

En donde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta.

$\mu$  = media general.

$P_i$  = efecto de la procedencia.

$E_{ij}$  = efecto del error experimental.

En el análisis se utilizó el procedimiento GLM de SAS para semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas, para determinar las probables diferencias entre las procedencias respecto a esos parámetros; se realizó también una comparación de medias mediante la prueba de Tukey, para determinar las procedencias con diferencias estadísticas.

Las semillas fueron sumergidas durante cinco segundos en una solución de cloro y agua, en proporción de 4ml de cloro diluidos en 18l de agua; posteriormente se secaron al ambiente (aproximadamente 30°C) durante 48 horas, para desinfectarlas de la presencia de larvas y huevecillos de insectos dañinos.

Se determinó el índice de eficiencia en la producción de semillas llenas (IP), el cual es útil para conocer la procedencia con el potencial más alto en la producción de semillas. El procedimiento se realizó con base en la metodología propuesta por Bramlett *et al.*, 1977 *fide* Rodríguez-Rivas *et al.* (2001), mediante la fórmula:

$$IP = \frac{NDS}{PPS}$$

En donde:

IP = índice de eficiencia en producción de semilla.

NDS = número de semillas desarrolladas (llenas).

PPS = potencial de producción de semillas = semillas llenas + semillas vanas + semillas dañadas.

Se realizó una correlación simple con el objeto de conocer la posible interacción entre el índice de aridez (IAA) y el índice de eficiencia en la producción de semillas (IP). El IAA es un indicador de la relación entre calor disponible para el crecimiento de las plantas (sumatoria a lo largo del año de las temperaturas diarias mayores a 5°C) y la humedad disponible (precipitación) durante el año, en una posición geográfica y altitud determinadas; se calculó con la fórmula sugerida por C. Sáenz-Romero (comunicación personal, abril 12, 2010; Investigador, IIAF, UMSNH):

$$\text{IAA} = \frac{\sqrt{\text{DD5}}}{\text{PA}}$$

En donde: IAA= Índice de aridez anual;

DD5= grados día >5°C;

PA= precipitación media anual (mm)

El IAA se obtuvo de la página web (<http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/>), proporcionando los datos de localización geográfica y la altitud. Con los datos obtenidos del IAA de las procedencias, se elaboró una gráfica para relacionar el IAA con la altura de las plántulas, con el objeto de establecer la posible existencia de correlación estadística entre estos parámetros.

Se determinó el número de semillas por kilogramo pesando 10 muestras de 100 semillas cada una (1000 semillas); a partir del peso obtenido de las 1000 semillas se calculó por una relación simple el número de semillas en un kilogramo (Villagómez-Aguilar, 1978), considerando que el número de semillas por kilogramo se refiere a la cantidad de semillas por unidad peso (Pimentel-Bribiesca, 2009).

Las dimensiones de las semillas se determinaron mezclando diez semillas por árbol de cada procedencia, formando ocho lotes de 90 semillas (un lote por procedencia); de cada lote se escogieron al azar 30 semillas y se midieron las dimensiones de longitud, ancho y espesor con un vernier digital. Los datos registrados se analizaron con el procedimiento GLM de SAS, para determinar la probable existencia de diferencias en estos parámetros.

Posteriormente se realizó la comparación de medias por la prueba de Tukey para establecer las diferencias entre las procedencias.

El porcentaje del contenido de humedad (% CH) de las semillas, se determinó pesando cinco muestras entre 5 y 6 g de semillas de cada procedencia. Primero se pesaron en fresco (contenido de humedad inicial ( $P_1$ )=peso promedio de las 5 muestras pesadas); después se colocaron en una estufa secadora a 103°C durante 18 horas para obtener el peso anhidro (procedimiento ISTA, Liegel y Venator, 1987 *fide* Pimentel-Bribiesca, 2009); las muestras se retiraron de la estufa y se pesaron nuevamente ( $P_2$ )=peso promedio de las 5 muestras pesadas. El %CH se determinó en base al peso anhidro, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CH} = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \times 100$$

Este procedimiento lo sugirió A. Carrillo-Sánchez (comunicación personal, abril 14, 2010; Investigador, Fac. Biología, UMSNH) y se constató en Bonner (1993) y Pimentel-Bribiesca (2009).

La viabilidad de las semillas se determinó mediante una prueba bioquímica, empleando tetrazolio (cloruro 2, 3, 5 trifeniltetrazolio). Se remojaron en agua 20 semillas por procedencia durante ocho días en recipientes de plástico de ½ ℓ con la finalidad de ablandar la testa de acuerdo con A. Carrillo-Sánchez (comunicación personal, abril 14, 2010; Investigador, Fac. Biología, UMSNH); Bonner (1993); Pimentel-Bribiesca (2009). El periodo de remojo en agua no fue suficiente para ablandar la testa de todas las semillas, por lo cual fue necesario retirarla manualmente. Posteriormente se sumergieron las semillas en tetrazolio durante cinco minutos.

En las semillas viables, el embrión y el endospermo se tiñeron de color rosa a rojo, lo cual no sucedió con las semillas no viables (vanas). El teñido de los embriones está en función de su actividad enzimática, la cual se manifiesta al ponerlos a remojar en la solución del

tetrazolio, ya que durante el proceso de respiración, si los tejidos están vivos liberan hidrógeno, que al combinarse con la solución de tetrazolio, entra en contacto con las enzimas por un proceso de oxireducción, formándose una sustancia insoluble de color rojo llamada trifenil formazán (Bonner, 1993 y Pimentel-Bribiesca, 2009).

En virtud de que la testa estaba dura al momento de la recolecta, se realizó un tratamiento pregerminativo, sumergiendo las semillas en agua caliente a 80°C durante 5 minutos y posteriormente se dejaron remojar en agua durante 48 horas a temperatura ambiente promedio de 18°C. Esta técnica la utilizó Terrones-Rincón *et al.* (2004) para *Albizia occidentalis*.

Se estableció un ensayo de germinación con las semillas de las nueve procedencias en un diseño experimental de bloques completos al azar (Figura III.2); se utilizaron contenedores de plástico rígido de 20.5 cm de largo por 6 cm de diámetro, con capacidad de 318 cm<sup>3</sup>, con forma semicónica. Se utilizó sustrato artificial en mezcla de: Peat Moss, Vermiculita, Agrolita y Osmocote. Los contenedores se colocaron en rejillas, las cuales a su vez fueron colocadas en bancos metálicos, quedando suspendidas a una altura aproximada de un metro a partir del piso.

Fueron sembradas dos semillas en cada contenedor a una profundidad aproximadamente igual a su longitud, esperando que si una no germinaba, como efectivamente sucedió, se contara con al menos una plántula para los ensayos de procedencias en vivero, aplicándose riegos diarios por las mañanas durante el periodo de la germinación. El ensayo se cubrió con una malla de media sombra para evitar posibles daños de roedores o aves, registrándose diariamente la germinación hasta la fecha en que esta concluyó, momento en que también fue retirada la malla de media sombra. En cada contenedor se colocó un cuchillo de plástico blanco, a manera de etiqueta (Figura III.2), indicando la procedencia, el individuo y el bloque, por ejemplo: 1-9-2 (1= procedencia Morelia; 9= noveno árbol de la procedencia 1; 2= bloque número dos).

El porcentaje de germinación, así como las posibles diferencias entre las procedencias en este parámetro, se determinaron con el procedimiento GLM de SAS; la identificación de

las procedencias diferentes se determinó con un análisis de medias por la prueba de Tukey.

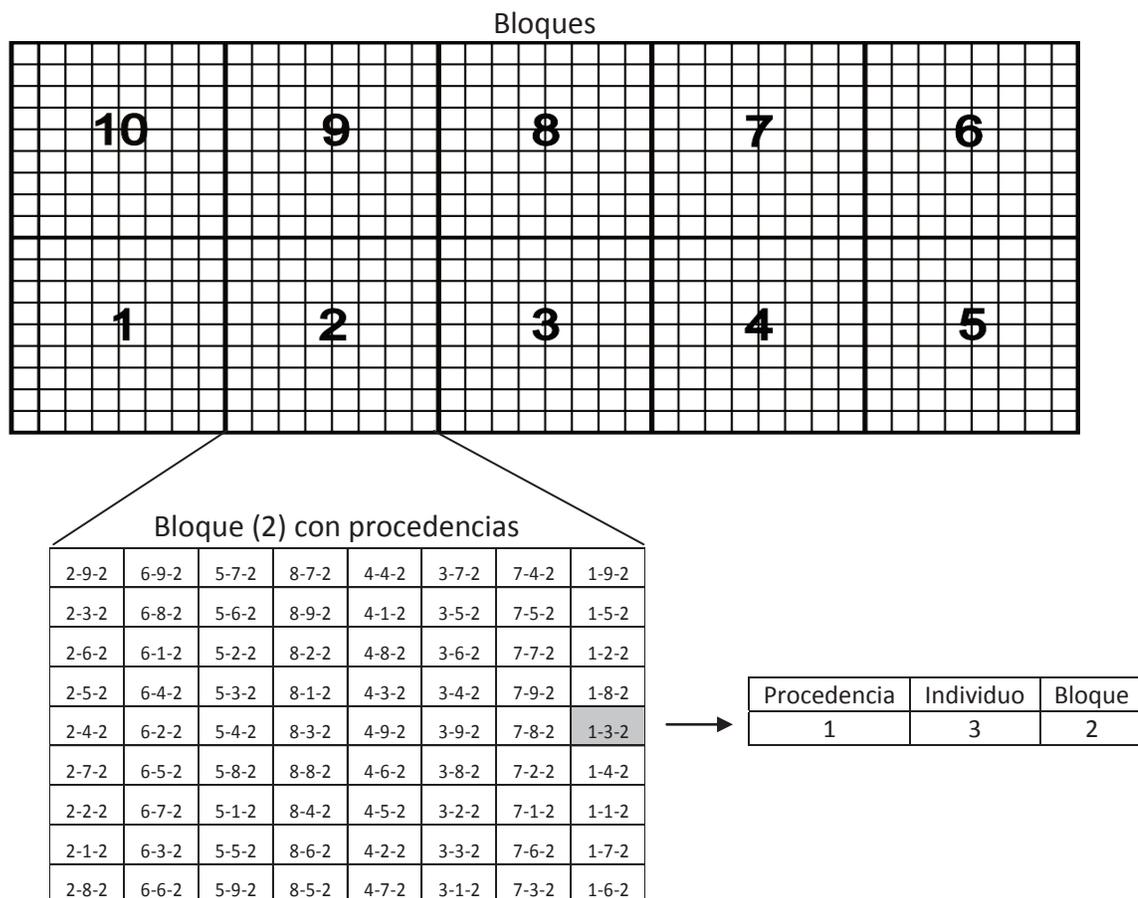


Figura III.2. Diseño experimental (bloques completos al azar) para el ensayo de germinación de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

#### III.4. Resultados y discusión.

El análisis estadístico de los 2,664 frutos del total de las procedencias, indica un promedio de 12 semillas por fruto, de las cuales 4.5 (37%) corresponden a semillas llenas, 2.9 (24%) a semillas vanas, 2.3 (18%) a semillas dañadas y 2.5 (21%) a semillas abortadas (Cuadro III.2).

Cuadro III.2. Estadísticos promedio para semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Variable	Medias	Desviación Estándar	Coficiente variación %
Llenas	4.54	2.27	50.02
Vanas	2.91	1.92	65.83
Dañadas	2.27	1.40	61.63
Abortadas	2.52	1.65	65.44

El análisis de varianza correspondiente a semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas, indica diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre las procedencias para las cuatro variables (Cuadro III.3).

Cuadro III.3. Análisis de la varianza para semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas de frutos de *Albizia plurijuga* de ocho procedencias.

Variable	Fuente de variación	GL	SS	CM	F	P
Llenas	Procedencia	7	1384.90	197.84	42.90	<0.0001
	Error	2460	11343.88	4.61		
Vanas	Procedencia	7	1166.86	166.69	52.47	<0.0001
	Error	2314	7351.33	3.18		
Dañadas	Procedencia	7	262.90	37.56	20.79	<0.0001
	Error	1720	3107.11	1.81		
Abortadas	Procedencia	7	217.99	31.14	11.85	<0.0001
	Error	2037	5352.19	2.63		

La comparación de medias por la prueba de Tukey para las variables analizadas, forma tres y cuatro grupos, indicando con ello la existencia de heterogeneidad entre las procedencias respecto a las variables evaluadas. Las medias de la variable semillas llenas es mayor en las procedencias Morelia y El Algodonal y menor para la procedencia Jamaica; el promedio mayor para las semillas vanas se presenta en la procedencia Jamaica; para la variable semillas dañadas el promedio mayor se registró en la procedencia Zináparo y para la variable semillas abortadas el promedio mayor se presentó en la procedencia El Algodonal (Cuadro III.4).

Cuadro III.4. Agrupamiento de Tukey de semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Llenas		Vanas		Dañadas		Abortadas	
	Media	Grupos	Media	Grupos	Media	Grupos	Media	Grupos
Morelia	5.63	A	2.93	C	2.01	B	2.19	C D
El Algodonal	5.52	A	2.31	D E	1.85	B	2.65	B
Ayotlán	4.74	B	2.04	E	2.15	B	2.00	D
Monteleón	4.57	B C	2.32	D E	2.04	B	2.52	B C
Moroleón	4.38	B C	2.88	C	2.00	B	2.56	B C
Cuitzeo	4.21	C	3.52	B	2.78	A	2.56	B C
Zináparo	3.64	D	2.65	C D	2.97	A	3.18	A
Jamaica	3.33	D	4.31	A	2.05	B	2.51	B C

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).  
Las medias están en orden descendente por número de semillas llenas.

La proporción de semillas llenas, vanas, dañadas y abortadas, para las procedencias se presenta en la Figura III.3, coincidiendo con el análisis anterior en el sentido de que la proporción de semillas llenas es mayor en las procedencias Morelia, El Algodonal y Ayotlán; registrándose el menor porcentaje de la misma variable en la procedencia Jamaica. La procedencia con mayor porcentaje de semillas vanas corresponde también a Jamaica; de semillas dañadas el porcentaje mayor se registra en la procedencia Zináparo y el porcentaje mayor de semillas abortadas nuevamente se registra en la procedencia Jamaica.

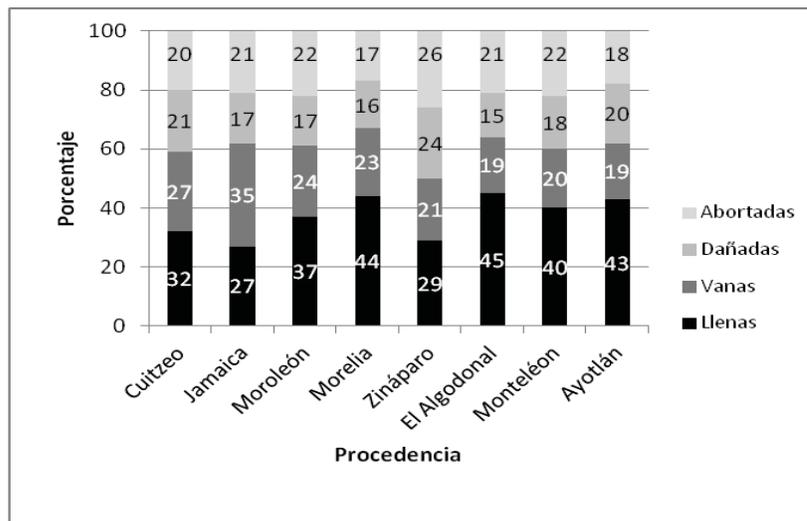


Figura III.3. Porcentaje de semillas llenas, dañadas, vanas y abortadas en frutos de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Los daños a las semillas se detectaron en la testa y los cotiledones, por la presencia de un orificio causado por un insecto perteneciente a la familia Bruchidae, del género

*Merobruchus* según C. Jurado (comunicación personal, septiembre 25, 2011; Prof. Fac. de Biología, UMSNH). De acuerdo con la bibliografía consultada (Cibrián-Tovar, 1995) el insecto pertenece a la especie *Merobruchus major* (Fall).

Debido a que en varias semillas se observó salir a un insecto de esta especie por un orificio y que previo a este evento, se notaba un abultamiento en las semillas dañadas, se puede deducir que la perforación es realizada por el insecto, del interior hacia el exterior de la semilla, suponiéndose, por lo tanto, que el huevo o la larva penetra a la semilla antes de que ésta madure. Cibrián-Tovar (*op. cit.*), menciona que la larva de *Merobruchus major* se alimenta de la semilla, provocando una fuerte reducción en la viabilidad. Cada individuo infesta generalmente una y con menor frecuencia dos semillas.

Zavala (2001) *fide* Vázquez-Silva *et al.* (2003), encontró que un insecto de la Familia Bruchidae (*Curculio humelaris*) daña las bellotas de los encinos, lo cual trae como consecuencia el avanamiento, aborto e inviabilidad de las semillas, que a su vez ocasiona una baja o nula germinación y regeneración natural de estos bosques. Estas consecuencias del daño, se observaron en las semillas de *Albizia plurijuga* causado por *Merobruchus major*. El tratamiento con la solución de cloro y agua fue efectivo, excepto en las semillas que ya tenían en su interior la larva. Las procedencias en las cuales se registró mayor daño a las semillas, se encuentran relativamente separadas entre sí, por lo cual se puede inferir que no existe un patrón de daños causado por el insecto.

Respecto al índice de eficiencia en la producción de semilla (IP), el valor más alto corresponde a la procedencia El Algodonal (0.65) y el menor para la procedencia Cuitzeo (0.40), siendo el promedio general del IP de 0.51. La relación entre el índice de aridez (IAA) e IP, indica una correlación moderada ( $r=0.45$ ,  $P=0.2641$ ), por lo cual se puede asumir que las condiciones ambientales que determinan el IAA influyen moderadamente en la producción de semillas llenas (Figura III.4).

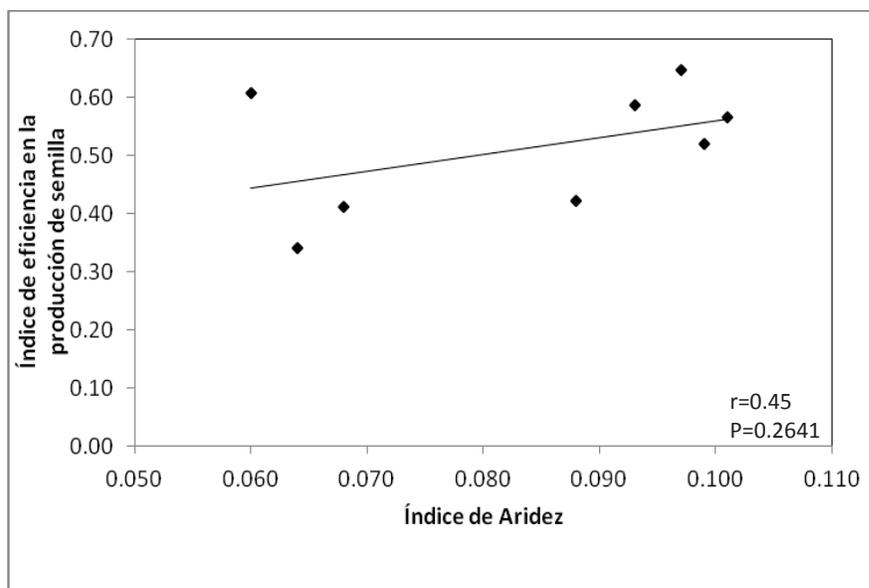


Figura III.4. Correlación entre el Índice de aridez y el índice de eficiencia en la producción de semilla de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

La determinación de las variables anteriores en la implementación de programas de plantaciones forestales comerciales, es importante para conocer la procedencia con mayor producción y mejor calidad de las semillas, con lo cual se puede asegurar el abasto constante y suficiente, así como mejor calidad de plantas.

La cantidad promedio de semillas por unidad de peso o número de semillas por kilogramo para las ocho procedencias estudiadas de *Albizia plurijuga*, es de 6,375 semillas llenas /kg; el mayor número de semillas llenas se registró en la procedencia Jamaica (7,936) y el menor (4,975) se registró en la procedencia Ayotlán (Figura III.5). El mayor número de semillas llenas/kg de la procedencia Jamaica coincide con el menor tamaño de estas; en contraparte, el menor número de semillas llenas/kg en la procedencia Ayotlán coincide con el mayor tamaño de las mismas. Terrones-Rincón *et al.* (2004) determinan para *Albizia occidentalis* la cantidad de 12,000 semillas/kg, sin mencionar si este dato se refiere únicamente a semillas llenas o se incluyen las vanas, dañadas y abortadas. El peso promedio de una semilla de *Albizia plurijuga* se determinó de 0.16 g; el peso reportado para una semilla de *Albizia lebbek* es de 0.21 g (<http://www.conabio.gob.mx>).

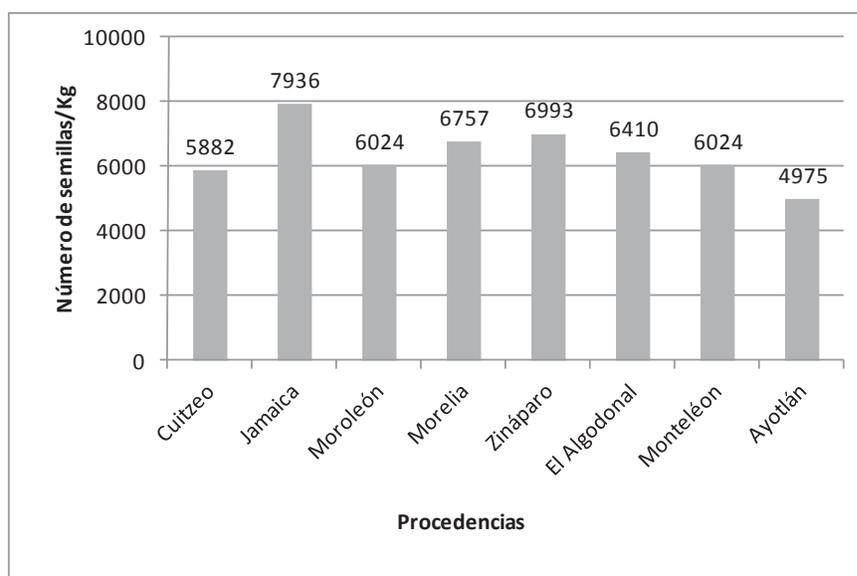


Figura III.5. Semillas por kilogramo de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

El conocimiento anterior es importante en un proyecto de reforestación para alcanzar las metas de producción en los viveros forestales (William, 1991 *fide* Rodríguez-Rivas *et al.*, 2001). Para elaborar un programa de reforestación con *Albizia plurijuga* es necesario considerar, entre otros aspectos, los siguientes: las procedencia de las semillas, el número de semillas llenas por fruto (4), la cantidad de semillas por kg (6,375), así como el porcentaje de germinación (90%), entre los parámetros más importantes. Por ejemplo, para un programa de reforestación con 1'000,000 de plantas se ocuparían 157 kg de semillas llenas, obteniéndose éstas de 225,225 frutos (vainas).

Los estadísticos respecto a las dimensiones promedio de las semillas de *Albizia plurijuga* (Cuadro III.5), muestran los valores de 10.35 mm de longitud, 8.18 mm de ancho y 2.50 mm de espesor. El promedio del valor más bajo para la longitud se registró en la procedencia Jamaica (9.77 mm) y el mayor, para esta misma variable, se registró en la procedencia Ayotlán (10.96 mm). El valor mínimo para la variable ancho se registró en las procedencias Morelia y Zinápécuaro (7.67 mm) y el máximo en la procedencia Ayotlán (9.34 mm); en relación a la variable espesor, la procedencia Jamaica presenta el valor menor (2.31 mm) y las procedencias Cuitzeo y Ayotlán el valor mayor (2.58 y 2.57 mm), respectivamente. Es destacable el hecho de que en la procedencia Ayotlán se registraron las mayores dimensiones de largo y ancho de las semillas, y un valor ligeramente menor

(2.57 mm) respecto al más alto (2.58 mm) registrado para las procedencias Cuitzeo y Zináparo (Cuadro III.7).

Cuadro III.5. Estadísticos para las dimensiones de las semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Variable	Media (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Desviación estándar	Coficiente de variación
Longitud	10.35	7.57	13.91	0.92	8.90
Ancho	8.18	5.41	11.12	0.94	11.46
Espesor	2.50	1.86	3.37	0.26	10.60

Los componentes de la varianza (Cuadro III.6) indicaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las procedencias respecto a las medias de las variables longitud, ancho y espesor de las semillas; en consecuencia, en la prueba de Tukey (Cuadro III.7), se formaron grupos para esas variables lo cual indica la existencia de valores estadísticos diferentes.

Cuadro III.6. Componentes de la varianza para las dimensiones de las semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Variable	Fuente	GL	SC	CM	F	P
Longitud	Procedencia	7	23.84	3.41	4.40	0.0001
Ancho	Procedencia	7	62.19	8.88	13.92	<0.0001
Espesor	Procedencia	7	1.75	0.25	3.83	0.0006

Cuadro III.7. Prueba de Tukey para las dimensiones de las semillas de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Longitud		Ancho		Espesor	
	Media mm	Grupo	Media mm	Grupo	Media mm	Grupo
Ayotlán	10.96	A	9.34	A	2.57	A
Cuitzeo	10.52	A B	8.15	B C	2.58	A
Monteléon	10.42	A B C	8.42	B	2.55	A
Morelia	10.37	A B C	7.67	C	2.48	A B
Zináparo	10.33	A B C	7.67	C	2.58	A
Moroleón	10.25	B C	8.16	B C	2.47	A B
El Algodonal	10.14	B C	8.22	B C	2.49	A B
Jamaica	9.77	C	7.82	B C	2.31	B

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

McVaugh (1987) menciona que las semillas de *Albizia plurijuga* tienen una longitud entre 10-12 mm; que las semillas de *Albizia occidentalis*, presentan una longitud entre 9-11 mm y que la longitud de las semillas de *Albizia lebbeck* es de 8-10 (-15) mm. Los resultados obtenidos en la presente investigación para *A. plurijuga*, respecto a los que señala el autor

mencionado, concuerdan en el rango, aunque ninguno de los promedios es superior a 11 mm. Los análisis estadísticos muestran la existencia de una correlación alta y significativa ( $r=0.72$ ,  $P=0.0442$ ) entre las dimensiones de longitud y ancho de las semillas de *Albizia plurijuga* (Figura III.6).

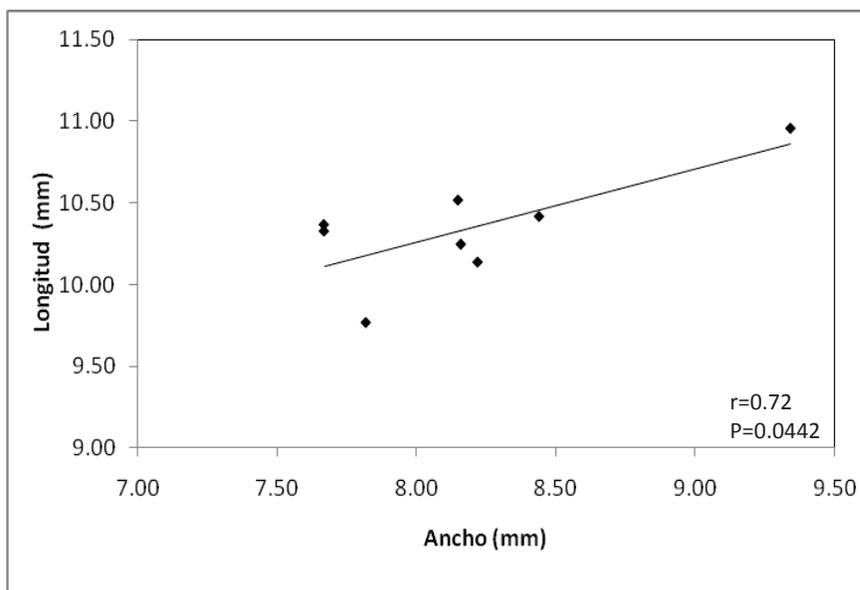


Figura III.6. Correlación entre ancho y longitud de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

La longitud y ancho de las semillas presentan correlaciones altas respecto al crecimiento en altura de las plántulas a la edad de tres meses con  $r=0.75$ ,  $P=0.0311$  y  $r=0.73$ ,  $P=0.0390$ , respectivamente (Figura III.7). En cuanto al crecimiento en diámetro de las plántulas, también se observan correlaciones altas respecto al tamaño de las semillas en longitud y ancho con  $r=0.77$ ,  $P=0.0265$  y  $r=0.76$ ,  $P=0.0289$ , respectivamente (Figura III.8).

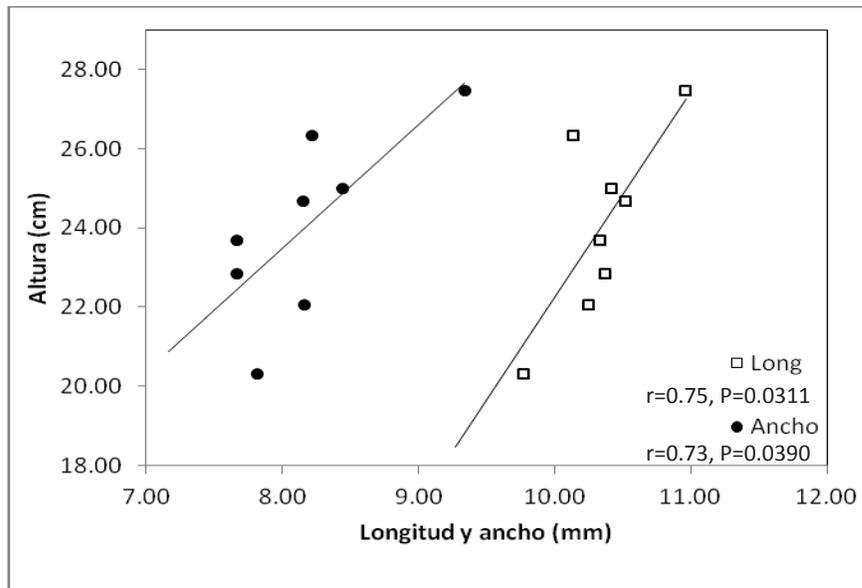


Figura III.7. Correlación entre longitud y ancho de semillas y altura de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

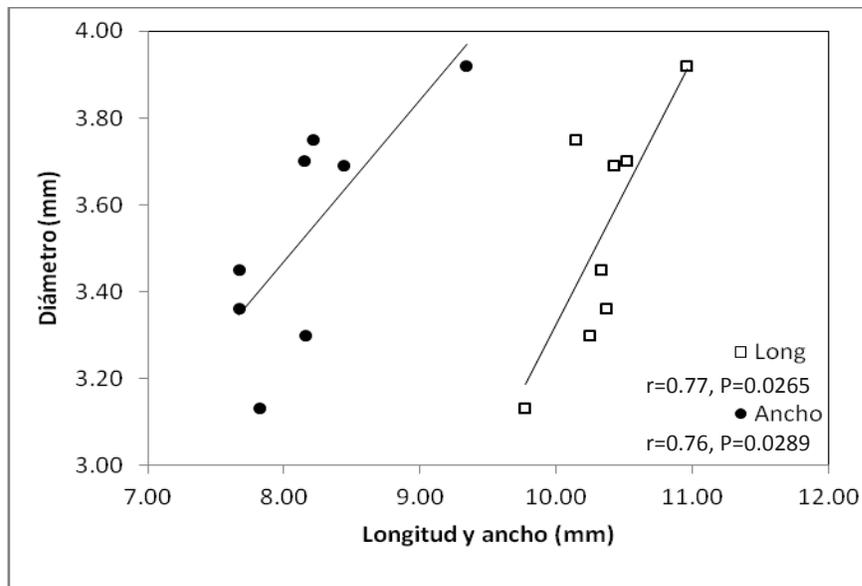


Figura III.8. Correlación entre longitud y ancho de semillas y diámetro de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Una correlación lineal simple entre la longitud de las semillas y la altitud de las procedencias resulto con  $r=-0.52$ ,  $P=0.1896$ , por lo cual la correlación no es alta ni estadísticamente significativa. De igual forma para el caso de una correlación entre la longitud de las semillas y el índice de aridez ( $r=0.37$ ,  $P=0.3651$ ).

El porcentaje del contenido de humedad (% CH) promedio para las semillas de *Albizia plurijuga* resultó de 10.91%. El valor mínimo de este parámetro se registró en la procedencia Moroleón (6.52%) y el valor máximo en la procedencia Morelia con 14.31 % (Figura III.9). Es importante resaltar que el contenido de humedad de las semillas depende de la época en que estas se recolecten, siendo mayor este porcentaje cuanto menor es el periodo transcurrido entre la etapa de maduración y apertura del fruto.

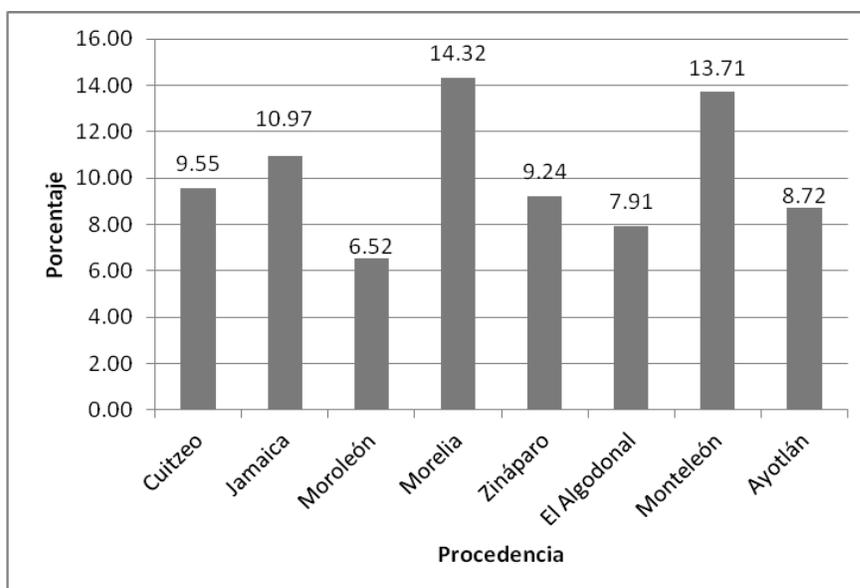


Figura III.9. Porcentaje de humedad de las semillas de *Albizia plurijuga*.

El contenido de humedad de las semillas es una característica importante de la calidad, tanto para determinar su tiempo de almacenamiento como para decidir sobre las condiciones en que deban ser almacenadas. Un alto contenido de humedad para ciertas semillas, tiene una relación inversa con su longevidad y germinación (Pimentel-Bribiesca, 2009). El contenido de humedad de 10.91% el cual se puede considerar en equilibrio con la humedad del ambiente, se puede considerar intermedio para las semillas ortodoxas y es cercana a la que generalmente se considera como óptima para el almacenamiento (Camacho-Morfín, 1994; Pimentel-Bribiesca, 2009), como es el caso de las semillas de *Albizia plurijuga*.

Podría suponerse la existencia de correlación alta entre un alto contenido de humedad de las semillas de *Albizia plurijuga* y un bajo índice de aridez; sin embargo, en el análisis

estadístico efectuado para analizar la posible correlación entre estos parámetros se determinó  $r=-0.58$  y  $P=0.1350$ , lo cual significa una correlación intermedia inversa no significativa, entre estos dos parámetros (Figura III.10), por lo tanto, el índice de aridez no afecta significativamente el contenido de humedad de las semillas.

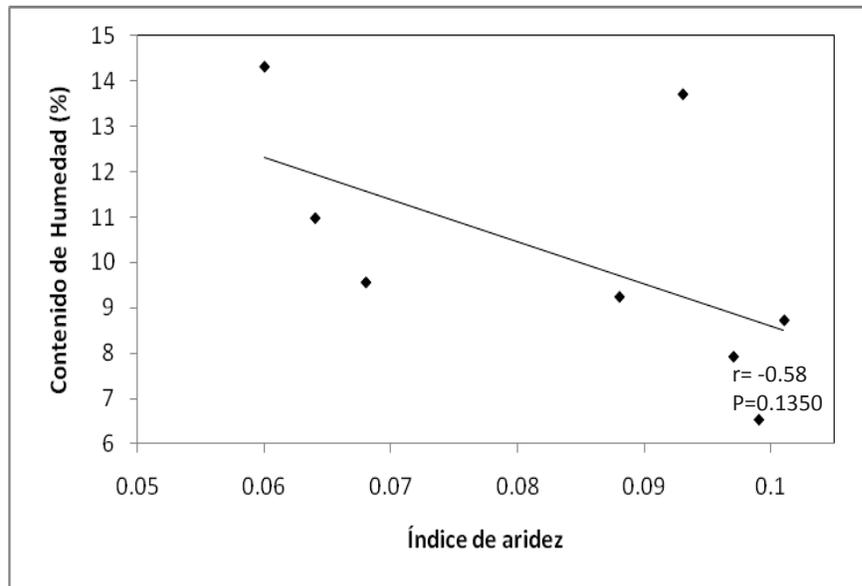


Figura III.10. Correlación entre el índice de aridez y el contenido de humedad de las semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

La viabilidad es otro parámetro importante en las semillas; es la capacidad potencial que tiene la semilla para germinar en condiciones favorables (Roberts, 1972 *fide* Pimentel-Bribiesca, 2009). En las pruebas con tetrazolio el 100% de las semillas llenas resultaron viables para todas las procedencias. Era de esperarse tal resultado, en virtud de que las semillas utilizadas para esta prueba correspondían a semillas llenas previamente seleccionadas. Se ha utilizado el término viabilidad como sinónimo de capacidad germinativa; sin embargo, la viabilidad denota también el grado en que una semilla se encuentra metabólicamente activa (Copeland, 1976 *fide* Pimentel-Bribiesca, *op. cit.*).

La viabilidad y la germinación tienen relación, puesto que al calcular un determinado porcentaje de viabilidad, se puede tener la certeza de que el porcentaje de germinación será cercano al de viabilidad. En la presente investigación el porcentaje de viabilidad de las semillas fue de 100% y el de germinación de 90.14%. En ambos casos, como ya se ha mencionado, la semilla fue seleccionada; sin embargo, el porcentaje de germinación

resultó menor debido a que algunas semillas ya tenían daños no visibles causados por *Merobruchus major* y a que las condiciones del vivero son adversas respecto a las condiciones en las cuales se realizan las pruebas de viabilidad.

Los estadísticos calculados para la germinación de las semillas de *Albizia plurijuga* indican que la procedencia Ayotlán presenta el mayor porcentaje de germinación (97%) y el menor se registró en la procedencia Zináparo con 80% (Cuadro III.8).

Cuadro III.8. Estadísticos para el porcentaje de germinación de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Media %	Mínimo %	Máximo %	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Ayotlán	97.22	88.89	100.00	3.93	4.04
Moroleón	94.44	83.33	100.00	5.86	6.20
El Algodonal	94.44	83.33	100.00	5.24	5.55
Cuitzeo	90.55	72.22	100.00	9.82	10.84
Jamaica	90.00	72.22	100.00	9.37	10.41
Monteleón	87.78	72.22	100.00	10.08	11.48
Morelia	86.67	72.22	100.00	9.52	10.98
Zináparo	80.00	61.11	94.44	9.15	11.43

El análisis de varianza para la germinación indica diferencias ( $p < 0.05$ ) entre las procedencias (Cuadro III.9). Los datos anteriores son útiles para conocer las procedencias con mayores porcentajes de germinación y con ello obtener plantas para reforestación en el menor tiempo posible y a costos menores.

Cuadro III.9. Análisis de la varianza para la germinación de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Variable	Fuente	GL	SC	CM	F	P
Germinación	Procedencia	7	2078.52	296.93	4.39	0.0005
	Bloque	9	569.39	63.27	0.93	0.5018
	Error	63	4264.14	67.68		

La prueba de Tukey muestra la formación de dos grupos en los cuales, la diferencia es altamente significativa entre las procedencias Zináparo y Ayotlán (Cuadro III.10).

Cuadro III.10. Agrupamiento de Tukey para la germinación de semillas de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Germinación	
	Media %	Grupos
Ayotlán	97.22	A
Moroleón	94.44	A
El Algodonal	94.44	A
Cuitzeo	90.55	A B
Jamaica	90.00	A B
Monteleón	87.78	A B
Morelia	86.67	A B
Zináparo	80.00	B

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P>0.05$ ).

La germinación inició al tercer día de la siembra (0.28%), presentándose el mayor porcentaje (83.96%), durante los días 7 al 10 (Figura III.11). El 50% de la germinación tuvo lugar entre los días 7 y 8, completándose el 90.14% al día 18. Gómez-Jiménez (2010) encontró que las semillas de *Albizia plurijuga* germinaron al sexto día de haberse sembrado, habiendo concluido después de 20 días, en 100%. Por su parte Terrones-Rincón (2004), registró 80% de germinación a los diez días para *Albizia occidentalis*. Para *Albizia lebbbeck*, se reporta un porcentaje de germinación de 30% a 38% en vivero y de 68% a 94% en ensayos realizados con semilla fresca (<http://www.conabio.gob.mx>).

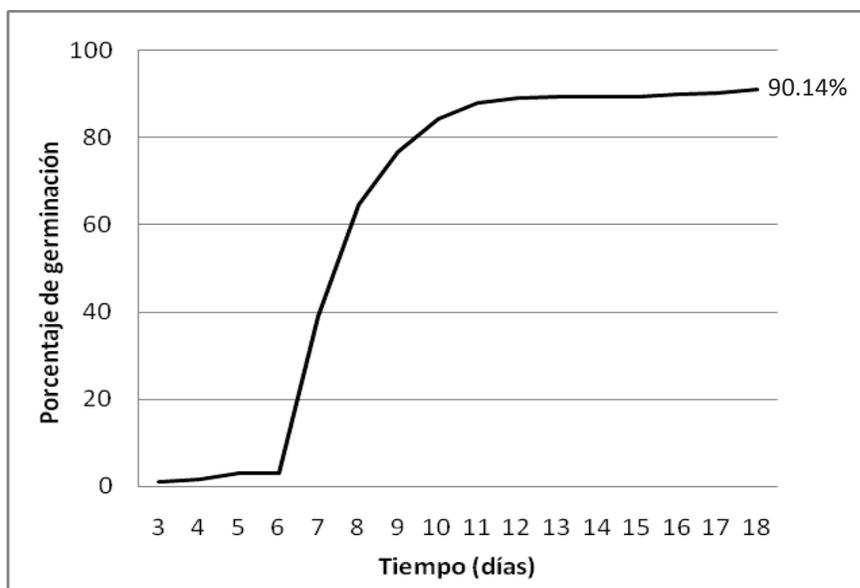


Figura III.11. Periodo y porcentaje de germinación de semillas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Todas las semillas, independientemente que sean ortodoxas o recalcitrantes, pueden encontrarse impedidas para germinar; dicho impedimento solo puede deberse a que éstas aún no se encuentran en completa maduración, o no existen las condiciones de humedad, temperatura y oxigenación (Pimentel-Bribiesca, 2009 y Yáñez-Espinosa, 2004). De acuerdo con los datos del contenido de humedad y a las características de las semillas de *Albizia plurijuga*, se puede determinar que estas semillas son ortodoxas, por lo cual requirieron de tratamiento pregerminativo. Terrones-Rincón *et al.* (2004) trató las semillas de *Albizia occidentalis* antes de someterlas a germinación, concluyendo ésta a los 10 días; por su parte, Gómez-Jiménez (2010) menciona que en un experimento en vivero con semillas de *Albizia plurijuga*, no fue necesario aplicarles ningún tratamiento pregerminativo, habiendo terminado la germinación al término de 10 días; los resultados de este último autor no concuerdan con los obtenidos en la presente investigación, ni con los reportados por Terrones-Rincón *et al.* (*op. cit.*) para *Albizia occidentalis*.

Es probable que el contenido de humedad de las semillas al momento de la recolecta sea la causa de que en algunos casos no sea necesario el tratamiento pregerminativo. Pérez *et al.* (2005), determinó en *Thrinax radiata* (palma), que el porcentaje de germinación disminuyó al transcurrir el tiempo de almacenamiento y el efecto fue más evidente después de tres meses. El porcentaje de germinación de las semillas almacenadas por un año disminuyó entre 8.7% a 9.3% a temperatura ambiente y entre 3.4% a 4.6% en un cuarto frío, las cuales requirieron también de un tratamiento pregerminativo.

Los resultados de una prueba de correlación entre las variables longitud ( $r=0.24$ ,  $P=0.5648$ ) y ancho ( $r=0.71$ ,  $P=0.0494$ ) con respecto a la germinación, indican que el porcentaje de germinación tiende a aumentar con las semillas anchas y a mantenerse sin variación perceptible con semillas largas (Figura III.12). Por lo tanto, al momento de definir un programa masivo de reforestación es preferible tener semillas anchas que largas; por otra parte, en ocasiones el tamaño de la semilla es un parámetro importante para determinar su posible vitalidad y por lo tanto su germinación, por lo cual también es benéfico para un programa de reforestación. Al respecto, South *et al.* (1985); Venable y Pake (1999) *fide* Enriquez-Peña (2004), señalan que algunas características intrínsecas de

las semillas, como por ejemplo el tamaño, afectan la germinación y la supervivencia de las plántulas.

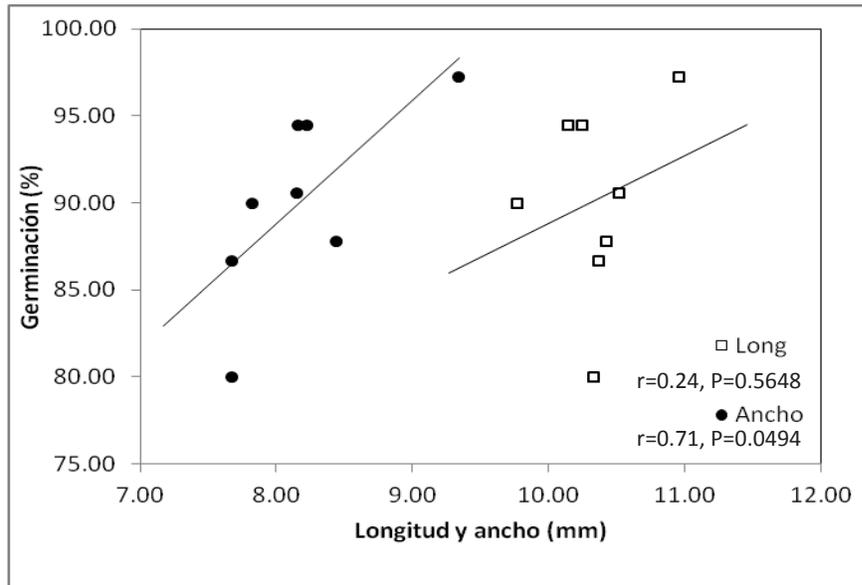


Figura III.12. Correlación entre longitud y ancho de semillas y germinación de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

La germinación es afectada en forma moderada por las condiciones que determinan el índice de aridez de las procedencias, situación que se observó de correlación simple con valor de  $r=0.40$  y  $P=0.3263$  (Figura III.13).

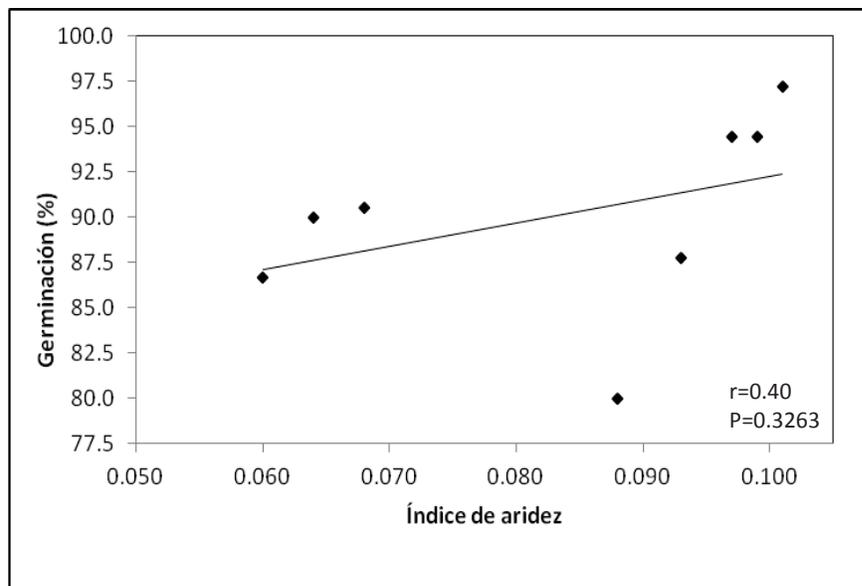


Figura III.13. Correlación entre el índice de aridez y la germinación de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

### III.5. Conclusiones.

Existe heterogeneidad en las semillas de *Albizia plurijuga* de las ocho procedencias en las variables evaluadas. Es mayor el porcentaje de semillas llenas, aunque no deja de ser importante el porcentaje de semillas vanas, abortadas y dañadas, estas últimas afectadas por un insecto. La cantidad de semillas llenas por kilogramo indica que esta especie es buena productora de semillas, siendo el tamaño de éstas intermedio entre las semillas de las que se hace mención en la presente investigación. La existencia de correlación alta entre el crecimiento de las plántulas y el tamaño de las semillas, indica que es recomendable utilizar semillas de mayor tamaño al momento de elaborar planes de plantaciones forestales. El porcentaje del contenido de humedad es relativo debido a que este depende en gran medida de la época en que se realicen las colectas de la semilla; es crítico este parámetro, cuando el objetivo es el almacenamiento de la semilla y, por lo tanto, se debe controlar el contenido de humedad para evitar daños por esta causa. Los resultados obtenidos respecto a la relación del índice de aridez y el crecimiento de las plántulas, muestran que se presenta un crecimiento mayor en vivero en aquellas plántulas cuyo origen se localiza en las procedencias con mayor índice de aridez, siendo importante considerar esta circunstancia al momento de planear la producción de planta de *Albizia plurijuga* para posibles plantaciones. Los resultados anteriores servirán de base para la planeación de programas de recolección de semillas en las cantidades suficientes y con anticipación, producción de planta en vivero y plantación con fines de producción maderable o de reforestación, a partir de las mejores fuentes de semillas.

Como la cantidad de semilla varía entre procedencias, es importante para planear, en los programas de plantaciones, la producción de planta en vivero en base a la disponibilidad de semilla. En un programa de recolección de semillas y de plantación se deben considerar, entre otros aspectos, los de: procedencia de la semilla, la producción promedio de semillas llenas por fruto (índice de eficiencia en la producción de semilla), la cantidad de semillas por kilogramo, las pérdidas probables por daños de insectos; así como los porcentajes de germinación y la supervivencia de plántulas.

Las semillas de la procedencia Ayotlán son las de mayor porcentaje de germinación, mayores dimensiones, mayor porcentaje de semillas llenas y menor contenido de humedad, por lo cual es la mejor fuente de semillas, presentando esta procedencia el mayor índice de aridez (0.101), temperatura promedio anual de 20°C, temperatura del mes más frío de 6.4°C y precipitación anual de 718 mm, por lo cual se concluye que esta procedencia puede considerarse como referencia para decidir sobre la recolección de semillas en otras procedencias no estudiadas.

### **III.6. Bibliografía.**

Alderete-Chávez, A., N. de la Cruz-Landero, J.E. González-de la Torre. 2005. Variación en semillas de *Cedrela Odorata* L. procedentes de los Estados de Campeche y Tabasco, México. *Foresta Veracruzana*, 7(2):41-44. Xalapa, Ver., México.

Bonner, F. T. 1993. Análisis de semillas Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Serie de apoyo académico no. 47. Chapingo, México. 53 pp.

Cibrián-Tovar, D., J. T. Méndez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H. O. Yates III y J. Flores-Lara. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 442 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. [Internet]. *Albizia lebeck* Publicado en: *London Journal of Botany* 3:87. 1844. Disponible en: <[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/39-legum5m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/39-legum5m.pdf)>. Fecha de consulta: [03-febrero-2010].

Enriquez-Peña, E.G., H. Suzán-Azpiri y G. Malda-Barrera. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia*, Vol. 38, número 3 (375-381). Col. de post. Texcoco, México.

Forest Climate Change Evidence: Potential Effects of Global Warning on Forests and Plant Clima. [Internet]. Disponible en: <<http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate/>>. Fecha de consulta: [04-febrero-2011].

García-Salmerón, J. 2002. Manual de repoblaciones forestales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 794 pp.

Gómez-Jiménez, M. 2010. Evaluación del método de propagación de “raíz desnuda” para tres especies de Matorral subtropical. Tesis profesional. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. México. 49 pp.

Jaquish, B.C. 2004. Abasto y manejo de semillas a partir de la recolección de rodales naturales, áreas de producción y huertos semilleros. En: Vargas-Hernández, J.J., B. Bermejo-Velázquez y F. Thomas-Ledig. 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales, Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México y Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. México. pp. 88-101.

McVaugh, R. 1987. Flora Novo-Galiciana. Vol. 5. Leguminosae. Ann Arbor. The University of Michigan Press. 776 pp.

Niembro-Rocas, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura. Limusa. México. 285 pp.

Peñuelas-Rubira, J.L., L. Ocaña-Bueno. 2000. Cultivo de plantas en contenedor. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. Prensa-Mundi. 2ª Ed. Madrid. España. 190 pp.

Pérez, E., G. Ceballos-González y L.M. Calvo-Irabié. 2005. Germinación y supervivencia de semillas de *Thridax radiata* (Arecaceae), una especie amenazada en la Península de Yucatán. Bol. de la Soc. Bot. de México. 77 (9-20). México.

Pimentel-Bribiesca, L. 2009. Producción de árboles y arbustos de uso múltiple. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa. Nansha, Guangdong, China. 237 pp.

Rodríguez-Rivas, G., J. Marqués-Ramírez y V. Revollo-Camacho. 2001. Determinación del potencial y eficiencia de producción de semillas en *Cedrela odorata* L. y su relación con caracteres morfométricos de frutos. Foresta Veracruzana 3(1): 23-26.

Sáenz-Romero, C. 2004. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. En: Vargas-Hernández, J.J., B. Bermejo-Velázquez y F. Thomas-Ledig. 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales. Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. pp. 72-86.

Terrones-Rincón, T. de R. L., C. González-Sánchez y S. A. Ríos-Ruíz. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro Técnico No. 2. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. 216 pp.

Vázquez-Silva, L., J. C. Tamarit-Urias. 2003. Reproducción e identificación de *Curculio* spp.: insecto plaga de las bellotas de encinos (*Quercus* spp.). Resúmenes. VI Congreso Mex. de Rec. Ftale., Soc. Mex. de Rec. Ftale., Univ. Aut. de S.L.P., S.L.P., México. pp. 231-232.

Vázquez-Yanes, C., A. Orozco, M. Rojas, M.E. Sánchez y V. Cervantes. 2005. La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. FCE, SEP, CONACyT. Fondo de cultura económica. México. 170 pp.

Villagomez-Aguilar, Y. 1978. Pruebas de semillas forestales y su aplicación en vivero. En: Plantaciones Forestales. Primera reunión nacional. Memoria. Direc. gral. de inv. y cap. ftale. SARH. Publicación esp. 13(103-109). México.

Yáñez-Espinosa, L. 2004. Las principales familias de árboles de México. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. 189 pp.

Young, A. R. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Limusa. México. 636 pp.



## **CAPÍTULO IV.**

ENSAYOS DE PROCEDENCIAS DE *Albizia plurijuga* (Standl.) Britt. et Rose.

### **RESUMEN**

Los ensayos de procedencias son experimentos que se realizan para determinar el potencial genético de una especie en iguales condiciones ambientales. Se realizaron dos ensayos de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*, uno en vivero y otro en campo. El objetivo en ambos ensayos fue evaluar el crecimiento en altura y diámetro para seleccionar las mejores procedencias para plantaciones forestales comerciales, utilizándose un diseño experimental de bloques completos al azar; además de lo anterior, en vivero se determinó el peso seco de plántulas de la misma especie de tres meses de edad. La altura total promedio alcanzada fue de 24.11 cm y en el diámetro de 3.55 mm, existiendo diferencias estadísticas en ambas variables ( $P < 0.05$ ). Existió correlación alta ( $r = 0.97$ ,  $P < 0.0001$ ) entre el crecimiento en altura y diámetro, así como entre altura y el índice de aridez ( $r = 0.57$  y  $P = 0.1363$ ). La supervivencia en vivero fue de 94% a los tres meses de edad. El peso seco promedio de las plántulas fue de 0.19 g, con diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ). Hubo regeneración de rebrotes en las plantas sobrevivientes (6.5%), los cuales crecieron en altura un promedio de 3.3 cm.

Palabras clave: *Albizia plurijuga*, ensayos de procedencias, crecimiento, vivero, campo, peso seco.

### **IV.1. Introducción.**

No existe acuerdo entre diferentes autores sobre el término procedencia; algunos consideran a cada población como una procedencia, otros las separan con criterios ambientales; otros con criterios genéticos y otros más bajo criterios geográficos.

Patiño-Valera y Borja-Luyando (1978), reconocen como procedencia a una población que presenta variaciones en su constitución genética relacionadas con su adaptación a

factores climáticos, tales como humedad, temperatura, luz y otros como el medio edáfico y aspectos biológicos propios de la especie.

Callaham (1964); Jones y Burley (1973) *fide* Zobel y Talbert (1994), consideran que procedencia, fuente geográfica o raza geográfica, son términos que denotan el área geográfica original de la cual se obtuvieron la semilla u otros propágulos e Ipinza-Carmona (1998), define procedencia como una o más poblaciones de una especie que son parecidas entre sí, pero que podrían ser diferentes de otras poblaciones de la misma especie; agrega que la procedencia constituye la unidad de estudio para muchas investigaciones y que lo ideal sería definir las con criterios geográficos, de forma tal que la variabilidad dentro de una procedencia correspondiese a la de una población local, mientras que entre procedencias hubiese mayores diferencias genéticas.

La mayoría de las veces no se dispone de esa información, por lo tanto, en la práctica es necesario ocupar criterios geográficos, con la esperanza de que estos coincidan con las diferencias biológicas; Sáenz-Romero (2004), estableció diferencias genéticas en *Pinus oocarpa* en un gradiente altitudinal entre 1220 y 1505 msnm, considerando como población o procedencia a la existente en cada intervalo de 50 m de diferencia altitudinal del gradiente.

En cualquier sentido el conocimiento de la variabilidad es lo más importante al momento de plantear los programas de mejoramiento genético, y en las etapas iniciales de éste, los ensayos de procedencias son fundamentales. Los ensayos de procedencias son experimentos que se realizan para conocer el potencial genético, así como para probar, en iguales condiciones ambientales, el desempeño de las especies de diferente origen y determinar las mejores fuentes para ser utilizadas en diversos propósitos.

Los ensayos de especies y procedencias constituyen el primer nivel de selección de todo programa de mejoramiento genético. Consiste en escoger entre el material silvestre existente dentro del área de distribución natural de las especies o en bosques artificiales, las especies, poblaciones y ecotipos más adecuados (Patiño-Valera, 1978). Los ensayos de procedencias, tendientes al mejoramiento genético, son primordiales para decidir sobre

las más adecuadas para obtener los mejores rendimientos, principalmente para las plantaciones forestales comerciales. Daniel *et al.* (1982), mencionan que es un método muy utilizado de mejoramiento de árboles.

Zobel y Talbert (1994), señalan que los programas de mejoramiento genético forestal son aquellos en los cuales se utilizan las procedencias y fuentes de semilla adecuadas, siendo ideal emprender un programa intensivo de mejoramiento genético forestal sólo después de que se conozca la mejor fuente geográfica.

Daniel *et al.* (1984) consideran que cualquier programa de mejoramiento de árboles que alcance éxito depende de la capacidad que tenga el árbol para transmitir sus características a la progenie. Si no existen variaciones dentro de una población de árboles, no existe base alguna en la que pueda fundamentarse el mejoramiento de los árboles; es decir, que mientras más grande es la variación entre los individuos, mayor es la oportunidad de que un programa de mejoramiento genético dé buenos resultados, considerando cuatro niveles de variación: dentro de un género, dentro de una especie, dentro de un ecotipo y dentro de un rodal.

Young (1991), considera que la mayor parte de la información acerca de la cantidad y distribución de la variación genética natural en árboles forestales se origina en estudios de procedencia; por lo cual, mientras mayor sea la variabilidad entre poblaciones será más importante establecer ensayos de procedencias (Ipinza-Carmona, 1998).

En México los ensayos de especies y procedencias se han hecho principalmente con especies de coníferas, en su mayoría del género *Pinus*, y de estas, solamente aquellas que por tradición se han utilizado por ser mejores productoras de mayores volúmenes de madera o por ser especies con alguna importancia ecológica o por su distribución; por ejemplo, Viveros-Viveros *et al.* (2006), con *Pinus pseudostrobus* y Hernández-Carmona (2003) con semillas de la misma especie.

Algunos trabajos similares a los anteriormente citados, se han realizado con algunas especies de latifoliadas nativas de México; ejemplos de ellos, son los establecidos por

Márquez-Ramírez *et al.* (2009) con *Cedrela odorata* y Rosales *et al.* (1999) con *Schizolobium parahybum*. Otras especies de latifoliadas, con potencial de utilidad maderable, de las cuales se tienen algunos conocimientos respecto a las propiedades de su madera, son por ejemplo, *Leucaena esculenta*, *Lonchocarpus latifolius*, *Prosopis laevigata* y *Prosopis juliflora* (Aguilar-Rodríguez, 2001; Benítez-Ramos y Montesinos-Lagos, 1988; Sotomayor-Castellanos, 2008).

Es necesario que se implementen investigaciones para determinar las mejores procedencias y utilizarlas en plantaciones forestales comerciales, siendo importante, lo que mencionan Zobel y Talbert (1994), de contar con información acerca de las procedencias o especies adecuadas para utilizarlas sólo después de la prueba.

En los ensayos de procedencias, las variables por evaluar dependen de los objetivos de la investigación; por ejemplo, crecimiento, calidad de la madera, forma del fuste, tamaño de copa, resistencia a plagas y enfermedades, densidad de la madera, abundancia y calidad de las semillas, así como otras características susceptibles de mejora genética. Una característica frecuentemente evaluada en este tipo de ensayos, es el crecimiento, tanto en altura como en diámetro, ya que estas variables expresan rápidamente la superioridad del genotipo y son las de mayor interés económico, además de ser altamente heredables (Zobel y Talbert, 1994).

Sáenz-Romero y Plancarte (1991), mencionan que para un ensayo de progenies las variables a medir son: tamaño de semillas, número de semillas/kg, porcentaje de germinación, crecimiento radicular, crecimiento en vivero, crecimiento en el campo y condiciones de sanidad. En la presente investigación se evalúan las variables de crecimiento en altura y diámetro, además del peso seco en plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Los ensayos de procedencias se pueden establecer en vivero o en campo, o en ambos, dependiendo de los objetivos de la investigación. En vivero son importantes porque se puede obtener información a corto plazo, además de proporcionar índices de adaptación y patrones de variación; en campo, porque posteriormente al ensayo en vivero, se

completa, en un periodo mayor, la información recabada (Patiño-Valera y Borja-Luyando, 1978). En la actualidad existen evidencias que garantizan la viabilidad de realizar ensayos previos de procedencias en medios ambientes controlados (cámaras de crecimiento) y en situaciones de control ambiental parcial (viveros, invernaderos) y que pueden proporcionar, en un periodo breve, información sobre el potencial de crecimiento de las especies de árboles y observaciones de valor práctico inmediato, tanto para silvicultores como para mejoradores (Roche, 1968 *fide* Patiño-Valera y Borja-Luyando, 1978).

Se determinó el peso seco de las plántulas en vivero, en virtud de que esta variable es un buen indicador del potencial de crecimiento (acumulación de biomasa) y del grado de salud, además de que es un parámetro importante que refleja la capacidad para procesar y almacenar nutrientes. La biomasa o peso seco es la cantidad de materia orgánica contenida en un organismo. Para el caso de los vegetales el 95% de la biomasa (utilizando como base el peso seco) está formado por carbono (C), oxígeno(O) e hidrógeno (H), elementos que abundan en la naturaleza en forma de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), (Binkley, 1993).

No se han realizado ensayos de procedencias de *Albizia plurijuga*, por lo cual la presente investigación habrá de contribuir al conocimiento de estos aspectos para el manejo adecuado de la especie.

#### **IV.2. Objetivos.**

Evaluar el crecimiento de la altura, el diámetro y la supervivencia de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*, en ensayos de vivero y campo, así como seleccionar las mejores procedencias para plantaciones forestales comerciales en la región centro norte del estado de Michoacán.

Evaluar la variación del peso seco en plántulas de *Albizia plurijuga* de un mes de edad.

### IV.3. Materiales y métodos.

Se establecieron dos ensayos con ocho procedencias de *Albizia plurijuga*, uno en vivero y otro en campo. En ambos casos las procedencias fueron del siguiente origen: seis del Estado de Michoacán, una del Estado de Guanajuato y una del Estado de Jalisco (Figura IV.1, Cuadro IV.1). El ensayo en vivero se estableció por un periodo de tres meses (abril-junio de 2010), en las instalaciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en las coordenadas geográficas: 19° 46' 07.33'', 101° 08' 55.33''; y a una altitud de 1857 m. El clima, de acuerdo con el INEGI (1985), corresponde al subtipo templado subhúmedo con lluvias en verano, el menos húmedo de este subtipo C (w<sub>0</sub>) (w), con índice de aridez de 0.065.

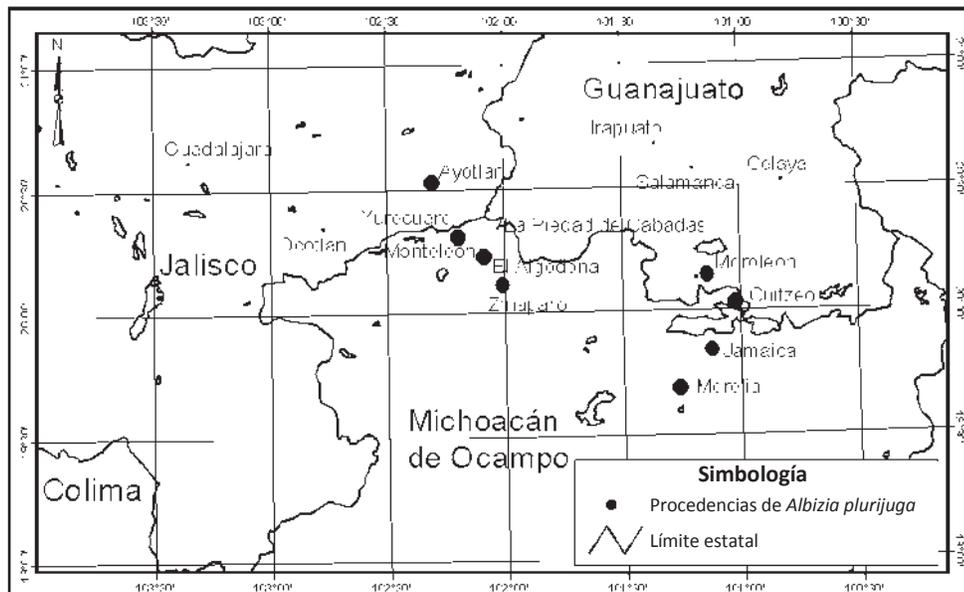


Figura IV.1. Ubicación de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Cuadro IV.1. Localización de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Estado	Coordenadas Geográficas		Rango de altitud de la recolecta
		Latitud Norte	Longitud Oeste	
Cuitzeo	Michoacán	19°57'43.84"	101°06'01.81"	1887-1909
Jamaica	Michoacán	19°51'46.78"	101°08'08.21"	1880-1965
Moroleón	Guanajuato	20°06'55.56"	101°09'28.73"	1827-1951
Morelia	Michoacán	19°41'22.70"	101°17'29.80"	1974-2017
Zináparo	Michoacán	20°10'03.12"	102°01'06.61"	1928-1937
El Algodonal	Michoacán	20°15'17.09"	102°05'22.54"	1762-1845
Montelón	Michoacán	20°18'55.97"	102°13'19.81"	1516-1646
Ayotlán	Jalisco	20°31'12.10"	102°19'30.20"	1623-1662

Después de concluida la germinación de las semillas (Capítulo III), se dejaron crecer las plántulas durante un mes, después de lo cual se inició el ensayo de procedencias en vivero; por lo tanto, al inicio de este ensayo las plántulas tenían un mes de edad, permaneciendo en los mismos contenedores y con el mismo sustrato usado en el análisis de las semillas. En virtud de que en la mayoría de los contenedores había dos plántulas, y que solamente se requería una en cada contenedor para el ensayo de procedencias, se procedió a eliminar aleatoriamente una de ellas, determinando que la plántula por eliminar estuviera a la derecha o arriba en el contenedor, con respecto a la orientación del bloque. En los contenedores en que existía una sola plántula o bien que una estuviera dañada, no se realizó selección. Las plántulas eliminadas se cortaron desde la base del tallo (cuello) con tijeras comunes y se utilizaron para determinar peso seco; las plántulas eliminadas no se extrajeron con la raíz para evitar daños a la raíz de la plántula seleccionada.

A fin de mantener en buen estado las plántulas, se les proporcionaron riegos diarios por la mañana con agua desalinizada; cuando hubo necesidad se aplicó un fertilizante adicional al osmocote, así como tratamiento químico para combatir plagas y reducir estrés; se realizaron observaciones diarias para detectar la presencia de posibles daños a las plántulas.

El diseño experimental para este ensayo fue de 10 Bloques completos al azar (Figura IV.2), utilizando el modelo estadístico propuesto por Sáenz-Romero (2004) para este tipo de ensayos:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + BP_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

En donde  $Y_{ijk}$ = observación en la  $k$ -ésima plántula de la  $j$ -ésima procedencia en el  $i$ -ésimo bloque;  $\mu$ = efecto de la media general;  $B$ = efecto del  $i$ -ésimo bloque;  $P$ = efecto de la  $j$ -ésima procedencia;  $BP_{ij}$ = efecto de la interacción entre el  $i$ -ésimo bloque y la  $j$ -ésima procedencia y  $\epsilon_{ijk}$ = efecto del error experimental.

Se ensayaron ocho procedencias con un total de 90 plántulas por cada una de ellas y 56 plántulas por bloque. En los extremos exteriores de los bloques iniciales y finales, se colocó una hilera de plantas originada de la mezcla de procedencias, a fin de controlar el efecto de orilla. Las etiquetas colocadas en las pruebas de germinación se conservaron en el ensayo de procedencias en vivero, en las cuales se indicaba la procedencia, el individuo y el bloque (Figura IV.2).

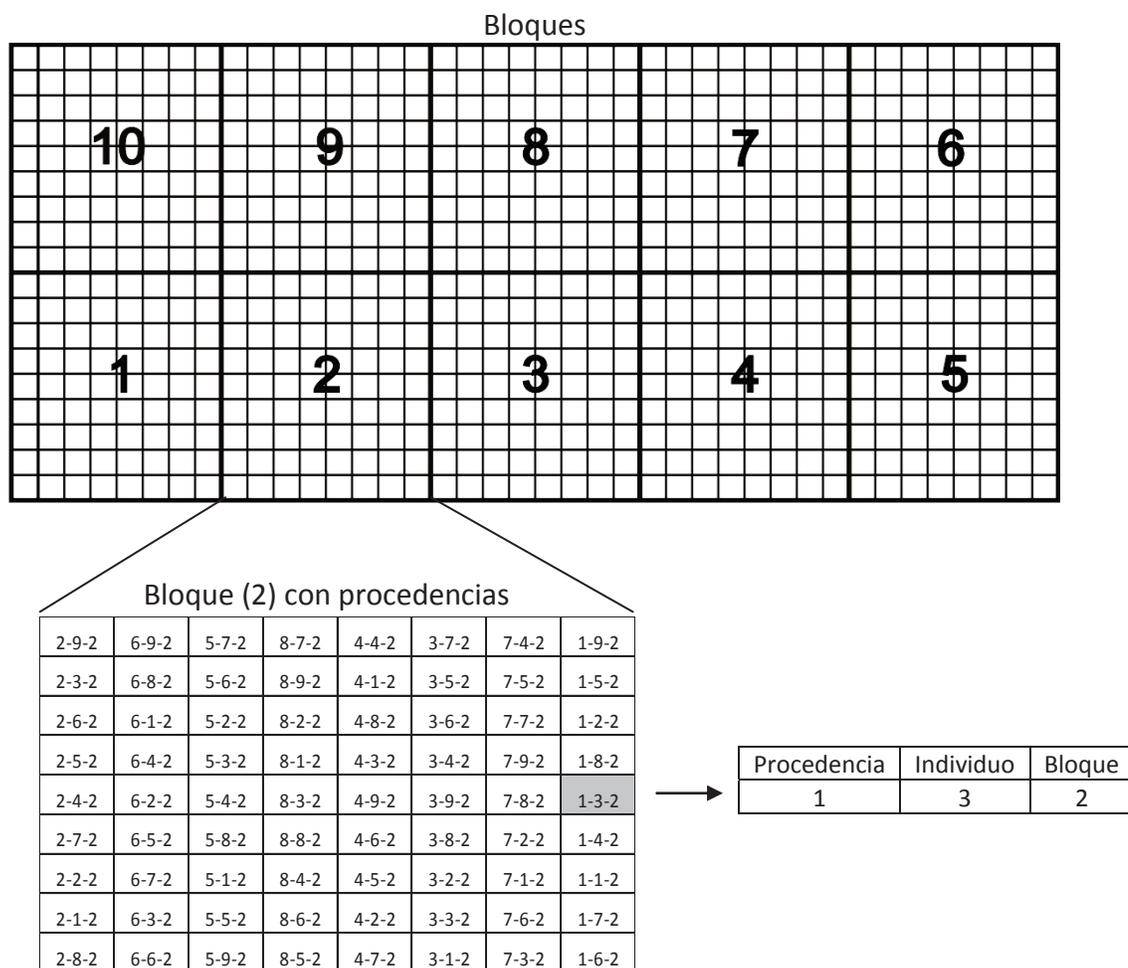


Figura IV.2. Diseño experimental en vivero (bloques completos al azar), de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

El crecimiento en altura y en diámetro de las plántulas se registró mensualmente durante tres meses consecutivos. La altura se registró en **cm** con aproximación a **mm**, midiéndose con una regla graduada, a la cual se le adaptó en la base una escuadra para facilitar la

medición; el diámetro se registró en **mm** y se midió con un vernier digital; las mediciones se efectuaron a partir de la parte superior del contenedor.

Se realizó un análisis de varianza de la altura y el diámetro con el procedimiento GLM de SAS a partir de la sumatoria de los valores obtenidos al final del tercer mes, para determinar la posible existencia de diferencias en el crecimiento entre las procedencias y se compararon las medias de los valores por la prueba de Tukey para determinar las procedencias que mostraron tales diferencias.

Se elaboró una gráfica para relacionar el índice de aridez con el crecimiento en altura de las plántulas en vivero, habiéndose obtenido con anterioridad los datos de este índice para las ocho procedencias (Capítulo III). Además de lo anterior se determinaron otros parámetros que enriquecen la presente investigación.

Se determinó el peso seco de la parte aérea de plántulas de un mes de edad, las cuales se eliminaron en el ensayo de procedencias. Primeramente se pesaron las plántulas en fresco en una balanza analítica con error de 0.0001 g, posteriormente se procedió a secarlas con el siguiente procedimiento: a) se pusieron a secar 54 plántulas en bolsas de papel en un horno eléctrico, a una temperatura de 50°C y cada 12 horas se monitoreo su peso, hasta peso constante (peso anhidro); b) se retiraron del horno cuando el peso se mostró sin variación, lo cual sucedió después de 6 días; c) Se pesaron en una balanza analítica con precisión (0.0001 g) para obtener el peso seco; un procedimiento parecido lo aplicó Cetina-Alcalá (2002) en *Pinus greggii*. Se realizó un ANOVA en SAS para determinar diferencias de peso seco en plántulas de las ocho procedencias y una prueba de medias por procedimiento Tukey, para agrupar las procedencias diferentes.

Además del ensayo de procedencias en vivero, se realizó un ensayo de procedencias en campo, el cual se estableció por un periodo de 15 meses (julio de 2010 a septiembre de 2011) en un terreno de 600 m<sup>2</sup>, en el Jardín Botánico de la Facultad de Biología de la UMSNH, ubicado en las coordenadas geográficas 19° 38' 52.48'', 101° 13' 33.59, a una altitud 1977 m; con clima: C (w<sub>1</sub>) (w), templado subhúmedo, con lluvias en verano e intermedio en humedad, INEGI (1985); suelo Vertisol pélico; pendiente 10%; exposición

noreste y vegetación compuesta casi totalmente por gramíneas y en menor proporción por otras herbáceas; existiendo en los alrededores de esta área, algunos árboles del género *Eucalyptus*.

Para este ensayo se utilizaron las plántulas del ensayo en vivero, las cuales tenían tres meses de edad. Se abrieron en el suelo cepas de 30 x 30 x 30 cm en marco real de 1 x 1 m, en donde fueron colocadas las plántulas. El terreno se protegió con una cerca de alambre de púas a cuatro hilos y se adicionaron riegos de auxilio en la época seca del año. El ensayo se estableció con un diseño experimental de 12 Bloques completos al azar con ocho procedencias, colocando cuatro plántulas en línea por procedencia, con un total de 32 individuos por bloque (Figura IV.3). El número de bloques, así como el número de individuos por bloque, se redujo con respecto al ensayo en vivero, en virtud de que el porcentaje de germinación no fue del cien por ciento y de que se presentó mortandad de plántulas en el vivero. El modelo estadístico para evaluar los parámetros genéticos de altura y diámetro fue el indicado anteriormente, propuesto por Sáenz-Romero (2004):

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + BP_{ij} + E_{ijk}$$

Las etiquetas de identificación utilizadas en los ensayos de germinación y vivero, se conservaron en el ensayo de campo a fin de mantener identificadas las procedencias, modificándose únicamente el número del bloque. Se registró la primera medición de la altura y el diámetro inmediatamente después de que se establecieron las plántulas en el campo, considerándose esta medición como la inicial. No fue posible evaluar el ensayo como originalmente se planteó, en virtud de que diversas circunstancias, que más adelante se explican, contribuyeron a que la mortalidad de plántulas fuera alta, evaluándose únicamente la supervivencia durante diez meses y el crecimiento de brotes por un periodo de cinco meses. El porcentaje de supervivencia se analizó con el procedimiento GLM de SAS para determinar posibles diferencias entre las procedencias y una prueba de medias por el procedimiento LSD (Diferencia mínima significativa), para determinar las procedencias diferentes, utilizando el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + P_j + E_{ij}$$

Se analizó en crecimiento en altura de los brotes de cinco meses de edad con los mismos procedimientos estadísticos anteriormente indicados, asumiendo un diseño experimental completamente al azar, en virtud de que solamente se realizó el análisis con el 6.5 % de las plántulas, con el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + E_{ij}$$

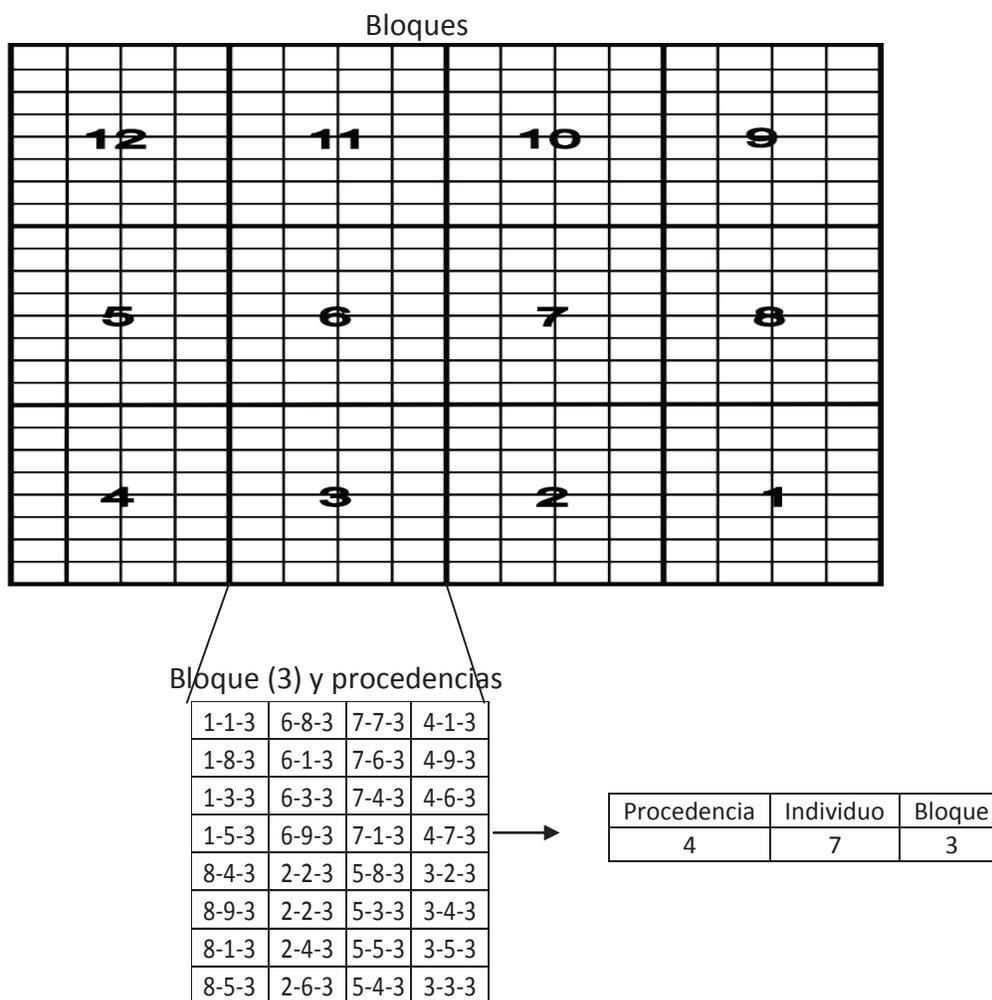


Figura IV.3. Diseño experimental en campo (bloques completos al azar), para el análisis del crecimiento de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

#### IV.4. Resultados y discusión.

##### IV.4.1. Ensayo de procedencias en vivero.

Los análisis estadísticos de la altura al final del ensayo, indican un valor promedio para el conjunto de las procedencias de 24.11 cm, registrándose un valor mínimo de 3.50 cm y un valor máximo de 39.70 cm, con una desviación estándar de 7.25 (Cuadro IV.2).

Cuadro IV.2. Estadísticos para la altura de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Medias cm	Mínimo cm	Máximo cm	Desviación Estándar	Coefficiente variación %	Varianza
Ayotlán	27.47	6.20	39.70	6.27	22.83	39.364
El Algodonal	26.34	11.50	37.90	5.84	22.19	34.198
Monteleón	24.99	8.00	35.80	6.68	26.76	44.754
Cuitzeo	24.67	5.00	36.60	6.87	27.86	47.298
Zináparo	23.69	6.50	36.10	7.43	31.37	55.251
Morelia	22.85	6.00	38.10	7.57	33.14	57.369
Moroleón	22.05	3.50	35.40	7.72	35.01	59.608
Jamaica	20.31	3.90	32.40	7.13	35.11	50.867

Los componentes de la varianza (Cuadro IV.3) indican diferencias estadísticas altamente significativas para esta variable entre las procedencias ( $P < 0.0001$ ) y diferencias significativas entre los bloques ( $P = 0.0024$ ); no siendo el caso en la interacción Proc\*Bloq ( $P = 0.6695$ ).

Cuadro IV.3. Componentes de la varianza para la variable altura de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en vivero.

Variable	Fuente	DF	SS	CM	F	P
Altura	Bloque	9	1233.24	137.03	2.89	0.0024
	Procedencia	7	3306.42	472.35	9.95	<0.0001
	Proc*Bloq	63	2726.65	43.28	0.91	0.6695
	Error	598	28401	47.49		

La prueba de medias por el procedimiento Tukey para la misma variable, muestra la formación de cuatro grupos, destacando la procedencia Ayotlán con una media superior de 27.5 cm y la procedencia Jamaica con una media inferior de 20.3 cm; también existen diferencias entre las procedencias El Algodonal respecto de las procedencias Morelia y Moroleón (Cuadro IV.4).

Cuadro IV.4. Prueba de Tukey para la variable altura de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en vivero.

Procedencia	Media cm	Grupos
Ayotlán	27.47	A
El Algodonal	26.35	A B
Monteleón	25.00	A B C
Cuitzeo	24.68	A B C
Zináparo	23.69	B C
Morelia	22.85	C D
Moroleón	22.05	C D
Jamaica	20.31	D

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P>0.05$ ).

Para la variable diámetro al final del ensayo, la media de las plántulas para el conjunto de procedencias fue de 3.55 mm, registrándose un valor mínimo de 1.6 mm y un valor máximo de 5.7 mm, con desviación estándar de 0.8 (Cuadro IV.5).

Cuadro IV.5. Estadísticos para el diámetro de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Medias mm	Mínimo mm	Máximo mm	Desviación estándar	Coficiente variación %	Varianza
Ayotlán	3.92	2.01	5.32	0.72	18.58	0.531
El Algodonal	3.74	2.13	5.01	0.64	17.32	0.421
Cuitzeo	3.70	1.80	5.72	0.82	22.27	0.680
Monteleón	3.68	2.09	5.19	0.77	20.90	0.594
Zináparo	3.45	1.86	5.06	0.82	23.78	0.675
Morelia	3.36	1.80	5.15	0.68	20.22	0.463
Moroleón	3.30	1.59	4.63	0.69	21.05	0.483
Jamaica	3.13	1.57	4.55	0.72	23.28	0.532

El análisis de varianza muestra la existencia de diferencias significativas para esta variable entre las procedencias y entre los bloques ( $P<0.0001$ ); no existiendo diferencias en la interacción Proc\*Bloq con  $P=0.5493$  (Cuadro IV.6), indicando las diferencias el efecto de la procedencia en el crecimiento del diámetro.

Cuadro IV.6. Componentes de la varianza para la variable diámetro

de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en vivero.

Variable	Fuente	DF	SS	CM	F	P
Diámetro	Bloque	9	32.27	3.58	7.08	<0.0001
	Procedencia	7	43.66	6.24	12.31	<0.0001
	Proc*Bloq	63	30.88	0.49	0.97	0.5493
	Error	598	302.94	0.51		

La prueba Tukey para esta variable muestra la formación de tres grupos, destacando a la procedencia Ayotlán con una media superior de 3.9 mm y la procedencia Jamaica con una media inferior de 3.1 mm (Cuadro IV.7).

Cuadro IV.7. Prueba de Tukey para la variable diámetro de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en vivero.

Procedencia	Media mm	Grupos
Ayotlán	3.92	A
El Algodonal	3.75	A B
Cuitzeo	3.70	A B
Monteleón	3.69	A B C
Zináparo	3.46	B C D
Morelia	3.36	C D
Moroleón	3.30	D
Jamaica	3.13	D

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P>0.05$ ).

De los resultados anteriores se puede deducir que las variables altura y diámetro al final del ensayo, presentan heterogeneidad, observándose que la procedencia Ayotlán destaca por sus mayores valores en ambas variables, en tanto que la procedencia Jamaica presenta los menores valores.

En diferentes circunstancias puede darse el caso de que el crecimiento del diámetro esté relacionado con el crecimiento de la altura; esta situación se observa en el crecimiento de *Albizia plurijuga*, en la cual existe una alta correlación ( $r=0.97$ ,  $P<0.0001$ ), en el crecimiento de estos dos parámetros (Figura IV.4).

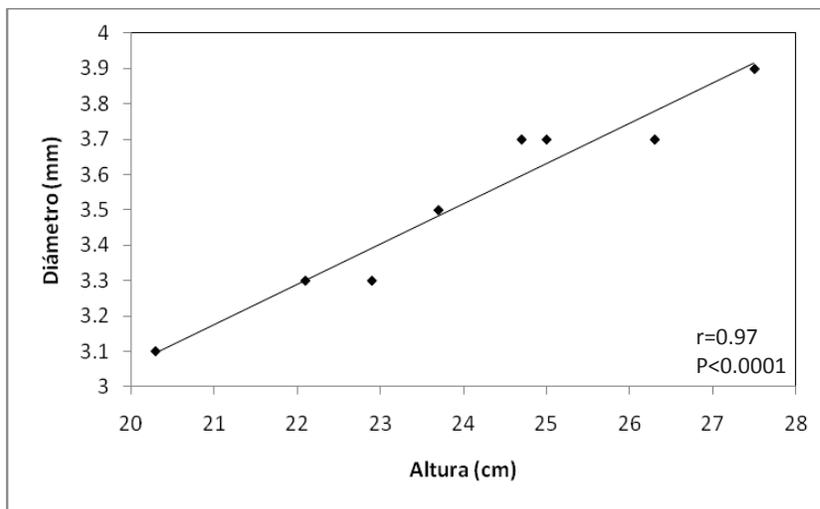


Figura IV.4. Correlación entre la altura y el diámetro de plántulas de vivero de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

El resultado de la correlación simple entre el índice de aridez y el promedio de la altura alcanzada de las plántulas al final del experimento ( $r=0.57$ ,  $P=0.1363$ ), indica una correlación moderada, por lo cual bajo condiciones controladas en vivero, las plántulas provenientes de procedencias con mayor índice de aridez, se adaptan mejor a las condiciones de vivero para su crecimiento en altura, siendo las procedencias con esta característica Ayotlán, El Algodonal, Monteleón y Zináparo (Figura IV.5).

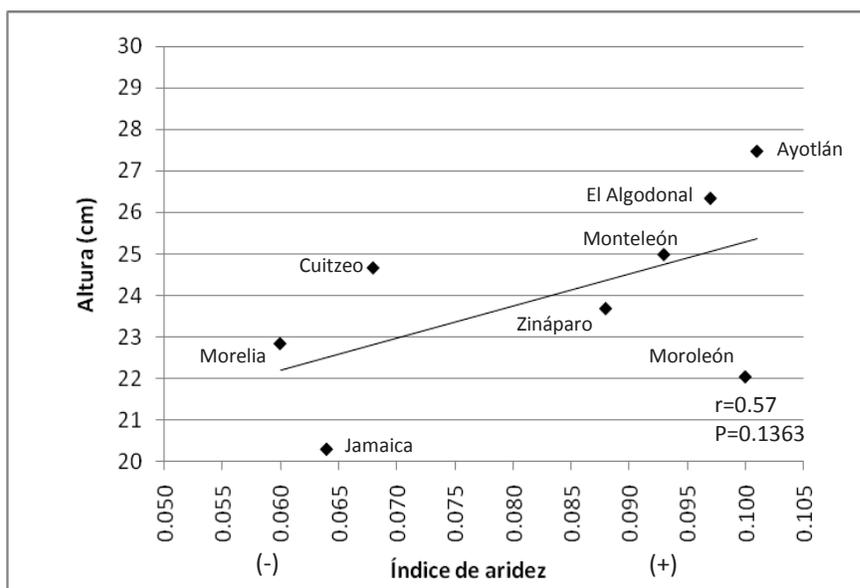


Figura IV.5. Correlación entre índice de aridez y la altura de plántulas de vivero de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

La supervivencia de las plántulas en el ensayo de vivero a tres meses de edad, se redujo entre los meses de marzo y abril, con una ligera estabilización en los meses de abril y mayo, llegando al 94.17% en el mes de junio (Figura IV.6), fecha en que concluyó el ensayo.

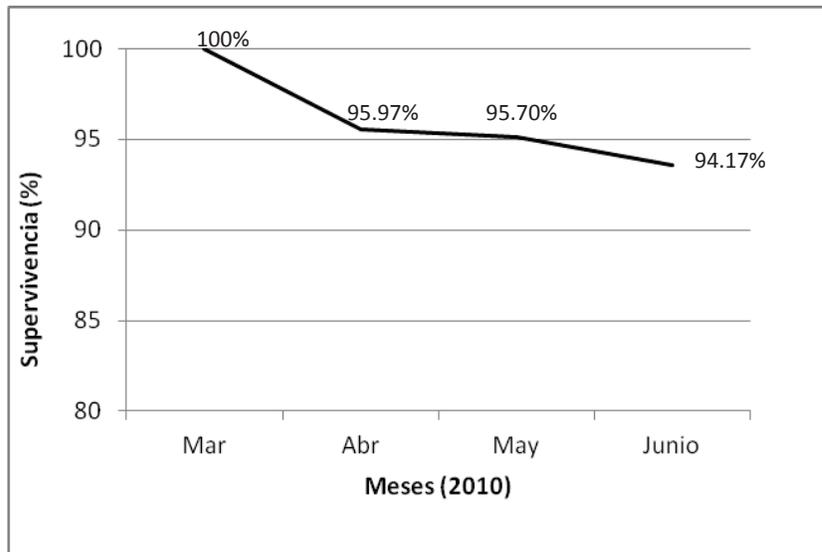


Figura IV.6. Comportamiento de la supervivencia en vivero de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

El mayor porcentaje de supervivencia se registró en las procedencias Ayotlán y El Algodonal (Figura IV.7), en las cuales también se registró el mayor porcentaje de germinación.

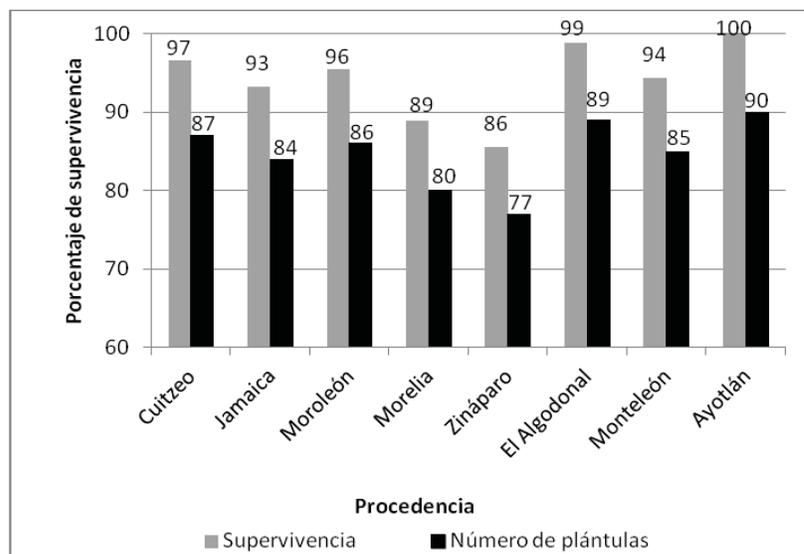


Figura IV.7. Supervivencia de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en vivero.

Es importante determinar la posible existencia de una correlación entre la germinación y la supervivencia, con el objeto de elaborar planes exitosos de plantaciones; para el caso de la presente investigación, se encontró que existe una fuerte correlación de estos parámetros ( $r=0.93$ ,  $P=0.0008$ ), indicándose, por tanto, la probabilidad de que las semillas con alto porcentaje de germinación, generen plántulas con alto porcentaje de supervivencia (Figura IV.8), así como la posibilidad de iniciar un proceso de selección temprana a partir de la germinación. Estos datos son importantes para definir las procedencias que se adaptan mejor a condiciones controladas para la reproducción en vivero.

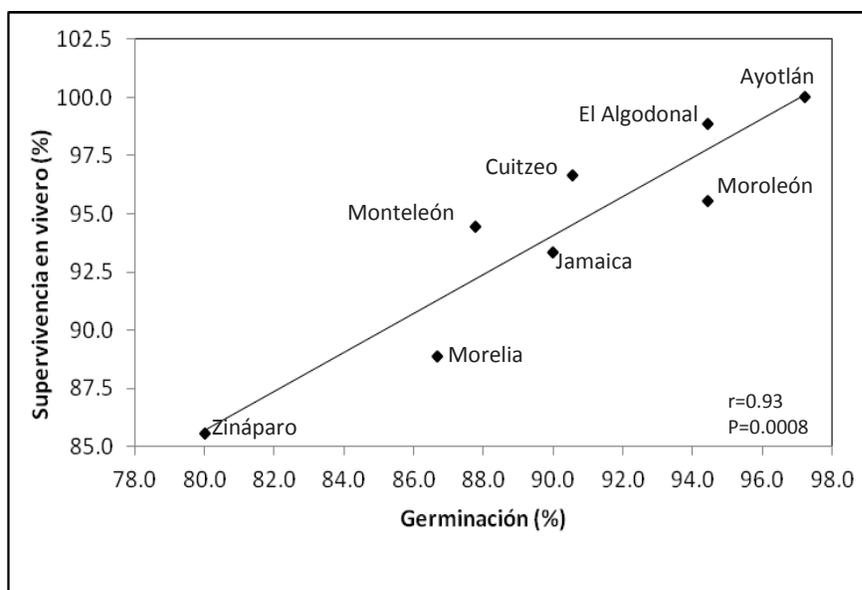


Figura IV.8. Correlación del porcentaje de germinación de semillas y la supervivencia de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en vivero.

#### IV.4.1.1. Peso seco.

Los estadísticos calculados para esta variable, indican que la media general del peso seco de las plántulas fue de 0.19 g, con una desviación estándar de 0.07, varianza de 0.004, mínimo de 0.03 g y máximo de 0.44 g (Cuadro IV.8).

Cuadro IV.8. Estadísticos para el peso seco de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Medias G	Mínimo g	Máximo g	Desviación Estándar	Coefficiente variación	Varianza
Ayotlán	0.24	0.04	0.44	0.08	35.29	0.007
El Algodonal	0.20	0.04	0.39	0.06	34.34	0.004
Monteleón	0.19	0.08	0.36	0.06	37.24	0.004
Cuitzeo	0.19	0.05	0.34	0.06	32.81	0.003
Morelia	0.18	0.03	0.37	0.07	38.85	0.005
Zináparo	0.17	0.06	0.33	0.06	37.35	0.003
Moroleón	0.17	0.05	0.33	0.06	36.59	0.003
Jamaica	0.15	0.05	0.28	0.04	30.22	0.002

Los componentes de la varianza calculados para la variable peso seco, indican diferencias estadísticas altamente significativas entre bloques y procedencias pero no entre la interacción bloque procedencia (Cuadro IV.9).

Cuadro IV.9. Componentes de la varianza del peso seco de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Variable	Fuente	DF	SS	CM	F	P
Peso seco	Bloque	9	0.18	0.020	4.82	<0.0001
	Procedencia	7	0.26	0.036	8.67	<0.0001
	Proc*Bloque	63	0.22	0.003	0.80	0.8536
	Error	388	1.65	0.004		

La prueba de Tukey forma dos grupos de las procedencias, observándose que la procedencia Ayotlán muestra diferencias con respecto al resto de las procedencias, observándose también diferencias entre El Algodonal y Cuitzeo respecto de Jamaica (Cuadro IV.10).

Cuadro IV.10. Prueba de Tukey para peso seco de plántulas de un mes de edad de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Peso seco	
	Media g	Grupo
Ayotlán	0.24	A
El Algodonal	0.20	B
Cuitzeo	0.19	B
Monteleón	0.19	B C
Morelia	0.18	B C
Moroleón	0.17	B C
Zináparo	0.17	B C
Jamaica	0.15	C

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

La correlación entre la altitud y el peso seco de las plántulas, resultó negativa moderada-alta ( $r=-0.67$ ,  $P=0.0642$ ), por lo cual se asume que las plántulas originadas en procedencias de mayor altitud acumulan menor cantidad de biomasa (Figura IV.9). Una correlación similar encontró Soto-Correa (2005), para plántulas de dos años de edad obtenidas en vivero de diferentes procedencias de *Pinus pseudostrabus*, en donde la altitud de las procedencias está relacionada a la cantidad de biomasa de las plantas; a mayor altitud de origen, las plántulas de esta especie presentan menor cantidad de biomasa.

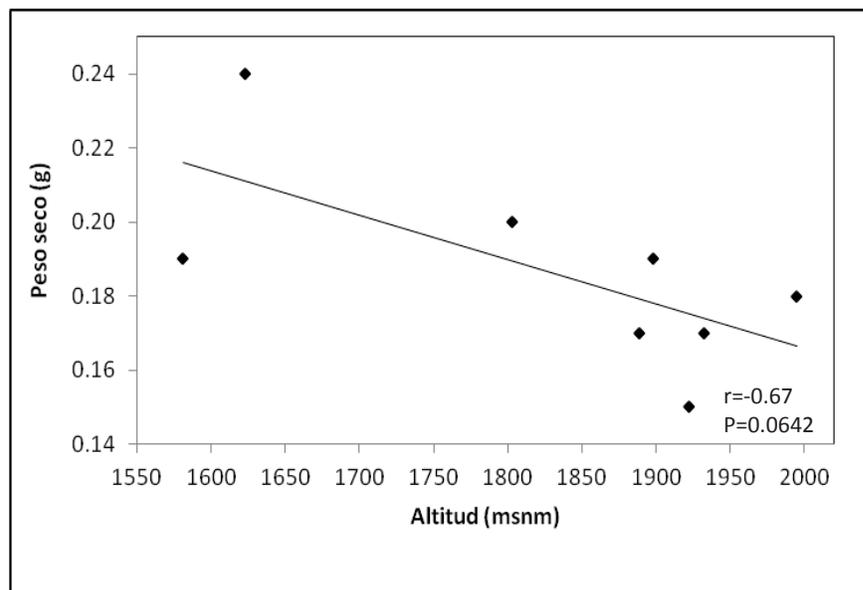


Figura IV.9. Correlación entre altitud y peso seco de plántulas de vivero de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Existe correlación negativa moderada-alta ( $r= 0.62$ ,  $P= 0.0986$ ) entre el peso seco de las plántulas y la supervivencia en vivero (Figura IV.10), lo cual significa que en condiciones de vivero las plántulas con mayor peso seco tienen mayor posibilidad de supervivencia, probablemente debido a que aprovechan mejor el aporte de nutrientes y se adaptan mejor a las condiciones de manejo en el vivero.

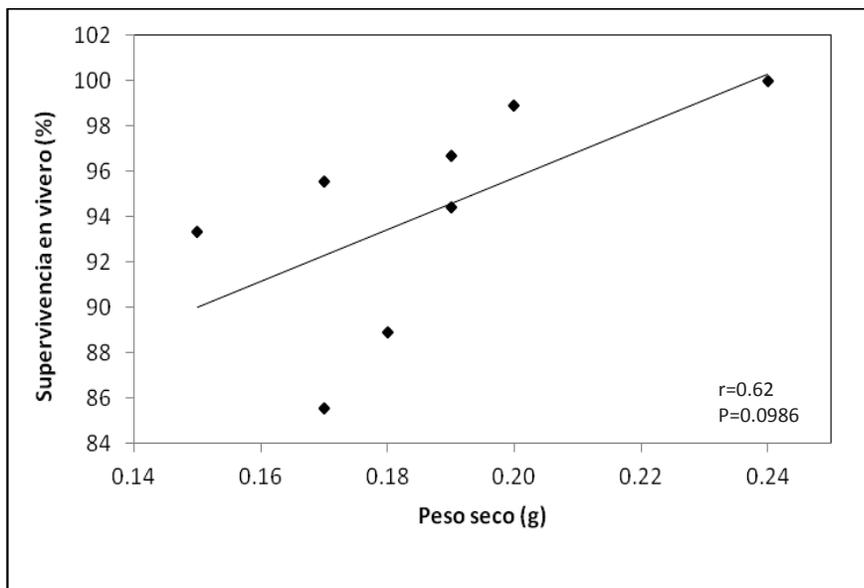


Figura IV.10. Correlación entre peso seco y supervivencia de plántulas de vivero de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

La relación entre el peso seco y altura de las plántulas de un mes de edad, determinó una alta correlación ( $r= 0.93$ ,  $P= 0.0009$ ), indicando con ello que la cantidad de biomasa de las plántulas se refleja en el desempeño del crecimiento en altura de las mismas (Figura IV.11).

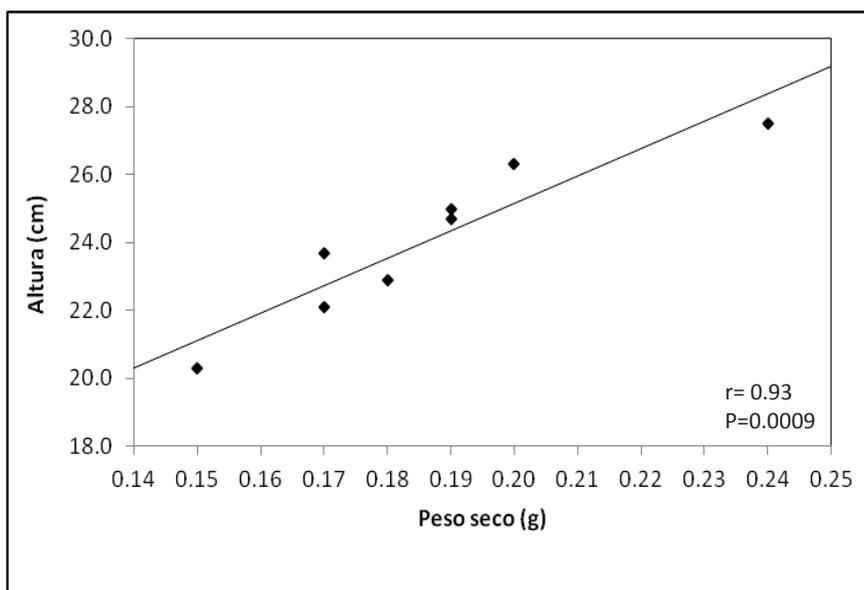


Figura IV.11. Correlación entre el peso seco y altura de plántulas de vivero de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

#### IV.4.2. Ensayo de procedencias en campo.

Tal como se anotó anteriormente, en el ensayo de campo no fue posible obtener la información prevista, en virtud de que se presentaron daños en las plántulas debido a diferentes circunstancias: a) la edad temprana en que las plántulas se establecieron (tres meses de edad); b) el exceso de agua en el periodo de lluvias (2010); c) suelo con baja capacidad para drenar; d) afectación por las heladas registradas en los meses de enero y febrero de 2011, ocasionando que las plántulas tuvieran desecamiento descendente en el tallo y de que posteriormente las afectara este fenómeno en grado mayor.

Al respecto, es pertinente considerar lo que señalan Spurr y Barnes (1982) de que en las plantas tropicales la muerte puede ocurrir a temperaturas al punto de congelación en un rango de 0 a 10°C. Las plántulas de *Albizia plurijuga* fueron afectadas por la prolongada sequía registrada en el año 2011, no obstante que se realizaron periódicamente riegos de auxilio. Otras causas probables del incremento en la mortalidad de las plántulas fue el hecho de que el suelo requería algunas labores de subsoleo, en virtud de tratarse de un suelo Vertisol, de por sí contraído y fuertemente compactado. Al respecto es pertinente considerar lo que Zobel y Talbert (1994) mencionan como un fenómeno fisiológico ocasionado por adaptación, siendo este uno de los problemas más comunes relacionados con las pruebas de procedencias, presentándose un buen desarrollo inicial seguido de un retraso, falta de vigor, e incluso de la muerte de las plántulas. Aunado a lo anterior, influyó la interacción de la procedencia con el sitio, aunque como ya se anotó esta interacción no se pudo evaluar lo suficiente debido a la baja supervivencia.

El promedio general de supervivencia de las plántulas a 10 meses en el campo, fue de 35.94%, registrándose el porcentaje mayor en la procedencia Moroleón con 25 plántulas (52.08%) y el menor con once plántulas (22.92%) en la procedencia Jamaica (Figura IV.12).

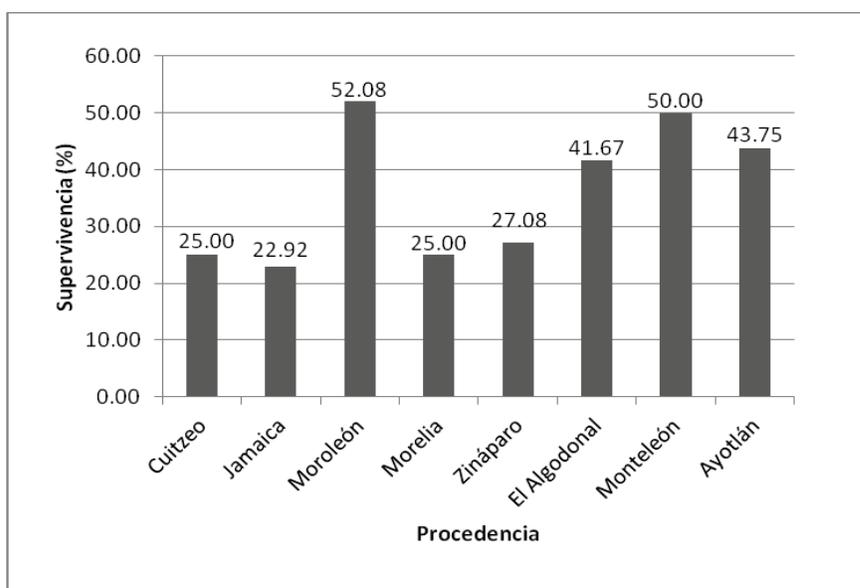


Figura IV.12. Porcentaje de supervivencia en campo de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Las plántulas sobrevivientes tuvieron secamiento descendente de la parte aérea; sin embargo, a partir del mes de mayo de 2011 produjeron brotes, algunos de los cuales no se desarrollaron, formándose nuevos aproximadamente a los 15 días posteriores, habiendo sido evaluados en número y crecimiento. Los brotes de mayor altura se registraron para la procedencia Monteleón (13.0 cm) y los de menor altura en la procedencia Moroleón (8.3 cm), habiéndose registrado un promedio general de 10.2 cm en un periodo de cinco meses (Figuras IV.13: a, b).

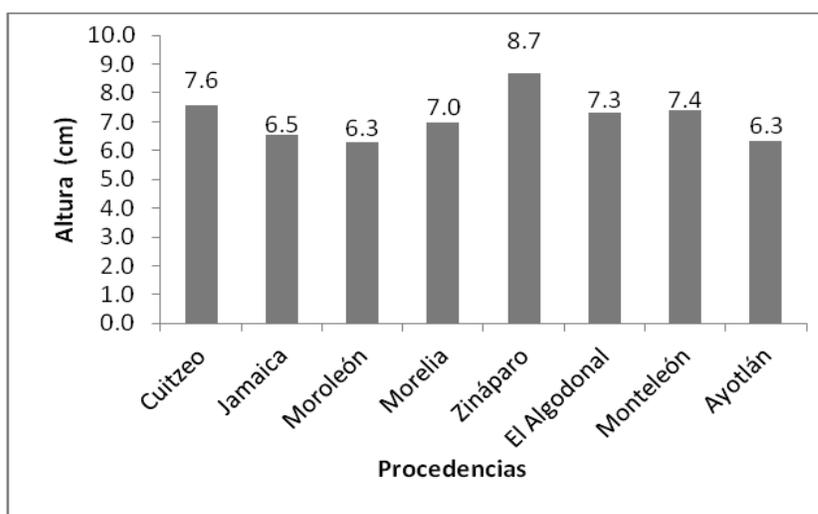


Figura IV.13.a. Altura promedio de brotes en plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* establecidas en campo.

El número mayor de brotes se registró para la procedencia Moroleón (3), siendo el promedio de 2 brotes para el resto de las procedencias (Figuras IV.13.b).

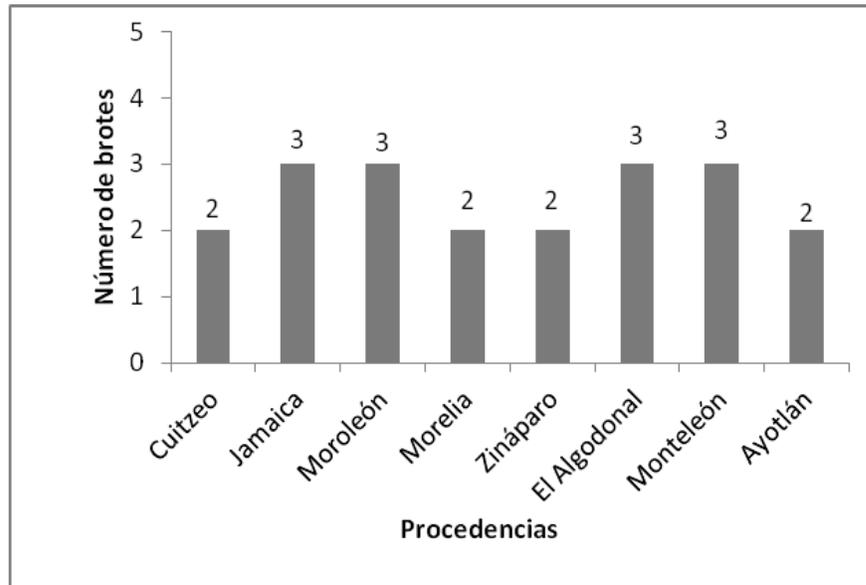


Figura IV.13.b. Número de brotes de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en campo.

Es conveniente resaltar que estos datos pueden no ser representativos debido a que la cantidad de plántulas que se evaluaron (6.5%), no son suficientes para extraer conclusiones apoyadas en el análisis estadístico. Sin embargo, puede considerarse como una posible tendencia de comportamiento de las procedencias en el sitio del ensayo.

Los componentes de la varianza (Cuadro 11), indican que no existen diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) en la altura de los brotes a los cinco meses de edad entre las procedencias y los individuos.

Cuadro IV.11. Componentes de la varianza para los brotes de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

FV	GL	SC	CM	F	P
Procedencia	7	65.882	9.412	1.17	0.3533
Individuo	6	70.364	11.727	1.45	0.2306
Proc*Ind	7	115.041	16.434	2.04	0.0857
Error	28	226.107	8.075		

La prueba LSD muestra que no se forman grupos de las procedencias respecto a la variable altura mde brotes, concluyéndose que efectivamente no existen diferencia estadísticas (Cuadro IV.12).

Cuadro IV.12. Prueba LSD para los brotes de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Media cm	Grupo
Monteleón	12.983	A
Cuitzeo	10.933	A
El Algodonal	10.750	A
Ayotlán	10.163	A
Zináparo	10.050	A
Morelia	9.717	A
Jamaica	9.200	A
Moroleón	8.333	A

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P>0.05$ ).

La tendencia de la supervivencia y la mortalidad de las plántulas en el ensayo en campo (Figura IV.14), durante diez meses, se observa en dos periodos:

Periodo uno. De julio a octubre la supervivencia se presentó a un poco menos del 50 %. En este mismo periodo hubo abundante agua de lluvia y posteriormente la falta de ella de manera repentina. Es posible que el exceso de humedad en el suelo ocasionara la mortalidad

Periodo dos. De octubre a mediados de abril, algunas plántulas presentaban tallo verde, flexible y consistente; algunas yemas pequeñas y raíces color crema, por lo cual se registraban como vivas, sin embargo estaban en proceso de decaimiento, siendo otra causa aparente de mortalidad, el daño por heladas.

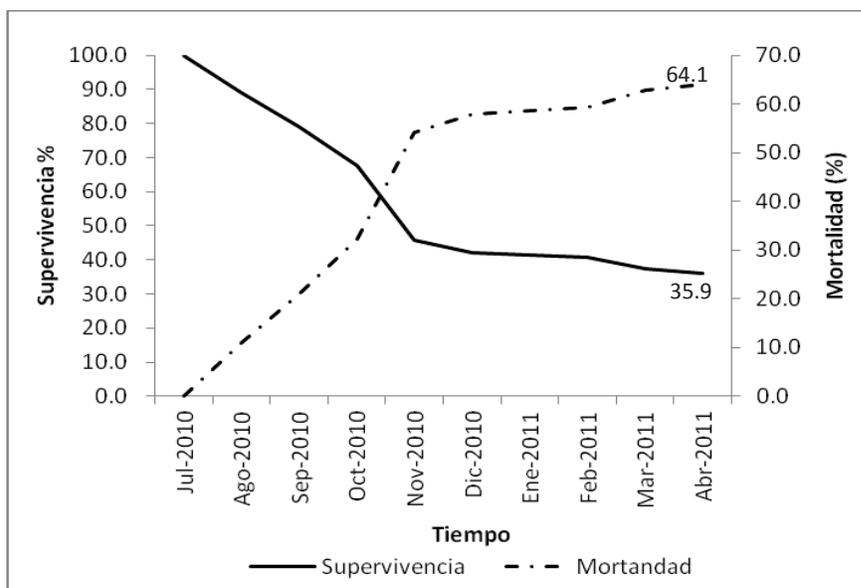


Figura IV.14. Tendencia de la supervivencia en plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* en campo.

Existió una correlación moderada ( $r=0.52$ ,  $P=0.1874$ ) respecto a la supervivencia en vivero y la supervivencia en campo (Figura IV.15). Se observó que cuando menos tres procedencias (Ayotlán, El Algodonal y Cuitzeo), tuvieron alta supervivencia en vivero; en campo las procedencias con mayor supervivencia fueron Ayotlán, Moroleón y Monteleón, aunque éste último dato también debe considerarse como relativo debido a los escasos datos disponibles, consecuencia de los bajos porcentajes de supervivencia registrados para todas las procedencias, así como a las condiciones adversas en que se desarrolló el ensayo en campo.

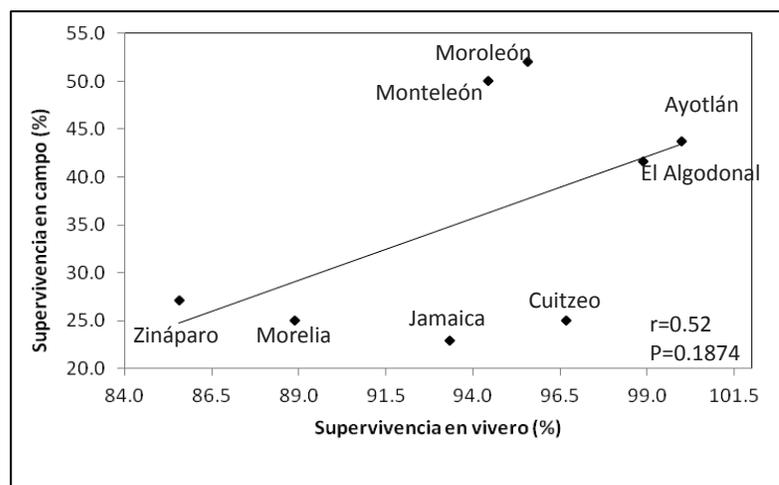


Figura IV.15. Correlación de supervivencia en vivero con respecto a la supervivencia en campo, de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Gómez-Jiménez (2010), registró un porcentaje de supervivencia de 100% en un experimento en campo de *Albizia plurijuga*, por un periodo de 30 días, con plántulas de cuatro meses de edad. Estos datos deberían tomarse con precaución debido a que para evaluar con una mayor precisión el porcentaje de supervivencia, se debería hacerse por un periodo mayor. En la presente investigación para ese mismo periodo el porcentaje de supervivencia se registró de 89%. Encino-Ruíz (2010), registra 26% de supervivencia de *Albizia plurijuga* en campo, durante 15 meses; indica que los principales eventos de mortalidad ocurrieron durante la época seca (marzo a mayo de 2009); además, encontró que la misma especie creció en altura aproximadamente 7.0 cm y en diámetro un poco más de 0.1 cm.

En una reforestación establecida por el autor en 2009, con plantas de *Albizia plurijuga* de seis meses de edad, en el Estado de Jalisco, se ha registrado que el incremento promedio en altura durante 2 años es de 7.5 cm y en diámetro de 3.5 mm; además de haberse registrado una supervivencia de 85% en ese mismo periodo. Los anteriores resultados indican que son muy importantes las condiciones en las cuales se debe establecer la reforestación de las plántulas de *Albizia plurijuga*.

Terrones-Rincón *et al.* (2006), evaluaron el crecimiento de la altura de *Albizia occidentalis* en condiciones de traspatio y encontraron que al primer año creció 15 cm, alcanzando una altura de 7.55 cm a los 5 años. Por otra parte Terrones-Rincón *et al.* (2007) proponen que *Albizia occidentalis* puede ser utilizada en productos maderables y no maderables (forraje, néctar y polen, compuestos químicos, resinas, troncos y ramas para madera y leña), así como en servicios ambientales (fauna, ornamental, restauración de suelo, cosecha de lluvia, captura de contaminantes y fijación de nitrógeno atmosférico).

M. A. Hernández-Martínez (comunicación personal, febrero 22, 2010; Investigador, INIFAP, Campo Experimental de Celaya, Guanajuato), ha realizado plantaciones de *Albizia occidentalis* en marco real de 3 x 4 m, con plantas de seis meses de edad y de 45 cm de altura. El propósito es obtener dos tipos de árboles: unos con un solo fuste y otros bifurcados para la producción de biomasa, realizando raleo anual de rebrotes y podas a un

cuarto del follaje y también que se les proporciona podas de raíz y de formación. Menciona que los árboles producen semilla hasta los 6 o 7 años de edad y que las semillas pueden durar hasta 10 años almacenadas con cierto contenido de humedad. En el campo experimental existen árboles plantados cuya altura a los 10 años de edad, es en promedio de 5 m y el diámetro varía entre 8 y 15 cm.

#### **IV.5. Conclusiones.**

Existe variación entre las procedencias respecto al crecimiento en altura y diámetro en vivero, siendo la procedencia Ayotlán, Jalisco, la que presentó los mejores rendimientos en estas variables, seguida de las procedencias El Algodonal y Monteleón, Michoacán.

Al Inicio, el crecimiento es lento en vivero, sin embargo, después de 30 días se observa un notable desarrollo de las plántulas. Existe correlación alta ( $r=0.97$ ,  $P<0.0001$ ), entre el crecimiento en altura y diámetro en vivero y una correlación moderada entre el crecimiento y el índice de aridez.

En condiciones controladas en vivero, las plántulas de *Albizia plurijuga* tienen una alta supervivencia, existiendo una alta correlación entre la supervivencia en vivero y el porcentaje de germinación de las semillas, por lo cual se esperaría que desde la germinación se pudieran seleccionar las mejores procedencias.

Existen diferencias entre las procedencias en el peso seco de las plántulas, encontrando que las plántulas originadas de procedencias de mayor altitud acumulan menor cantidad de biomasa.

El ensayo de campo no se evaluó en su totalidad debido a que el exceso de lluvia y heladas afectaron a las plántulas, lográndose una supervivencia baja de 35.94% en un periodo de 10 meses, siendo este valor aproximado a los obtenidos en otros experimentos. El desarrollo de brotes después de las afectaciones, sugiere que las plántulas requieren un periodo mayor de adaptación.

#### IV.6. Bibliografía.

Aguilar-Rodríguez, S., L. Abundis-Bonilla y J. Barajas-Morales. 2001. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. An. de Int. de Biol. UNAM. Serie Botánica 72(2): 171-185.

Benítez-Ramos, R. F. y J. L. Montesinos-Lagos. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, propiedades y usos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. 216 pp.

Binkley, D. 1993. Nutrición forestal. Prácticas de manejo. UTEHA. México. 340 pp.

Cetina-Alcalá, V.M., V.A. González-Hernández, M.L. Ortega-Delgado, J. Vargas-Hernández y A. Villegas-Monter. 2002. Supervivencia y crecimiento en campo de *Pinus greggii* Engelm. previamente sometido a podas o sequía en vivero. Rev. Agrociencia 36: 233-241. Col. de Post. Texcoco. México.

Daniel, W. T., J. A.-Helms y F. S.-Backer. 1982. Principios de Silvicultura. Ed. McGraw-Hill. México. 492 pp.

Encino-Ruíz, L. 2010. Desempeño de tres especies arbóreas nativas del Bosque tropical caducifolio en un proyecto de restauración ecológica en el Cerro Punhuato, Morelia, Michoacán. Tesis profesional. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. México. 57 pp.

Gómez-Jiménez, M. 2010. Evaluación del método de propagación de "raíz desnuda" para tres especies de Matorral subtropical. Tesis profesional. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. México. 49 pp.

Hernández-Carmona, O., E. O. Ramírez-García y L. Mendizábal-Hernández. 2003. Variación en semillas de cinco procedencias de *Pinus pseudostrabus* Lindl. Foresta Veracruzana. 5 (2): 23-28. Univ. Veracruzana. Xalapa, Ver., México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. Carta de los Climas del Estado de Michoacán. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. Carta de los Suelos del Estado de Michoacán. Esc. 1:500 000. SPP. México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. SPP. México, D.F. 316 pp.

Ipinza-Carmona, R.H. 1998. Mejoramiento genético forestal. CONIF. Serie técnica/No. 42. Santafé de Bogotá, Colombia. 162 pp.

Márquez-Ramírez, J., L. del C. Mendizábal-Hernández, G. Cruz-Vázquez y E. Ramírez-García. 2009. Evaluación de una prueba de procedencias/progenie de *Cedrela odorata* L. establecida en Emiliano Zapata, Veracruz, México. Rev. Foresta Veracruzana. 11(1): 7-12. Univ. Veracruzana. México.

Patiño-Valera, F. 1978. Métodos de mejoramiento genético. En: Plantaciones Forestales. Primera Reunión Nacional. Memoria. Direc. Gral. de Inv. y Cap. Ftale. SARH. Publicación esp. No. 13. México. pp. 88-96.

Patiño-Valera, F., G. Borja-Luyando. 1978. Necesidad de investigación en ensayos de especies y procedencias. En: Plantaciones Forestales. Primera Reunión Nacional. Memoria. Direc. Gral. de Inv. y Cap. Ftale. SARH. Publicación esp. No. 13. México. pp. 22-26.

Rosales, L., F. Suhartono-Wijoyo, W. S. Dvorak y J. L. Romero. 1999. Parámetros genéticos y variación entre procedencias de *Schizolobium parahybum (vell) blake* establecidas en Venezuela. Rev. Foresta Veracruzana. 1(2): 13-18. Xalapa, Ver., México.

Sáenz-Romero, C. y A. Plancarte B. 1991. Metodología para el establecimiento y evaluación de ensayos de progenies en especies forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Serie de apoyo académico No. 46. Chapingo, Edo. de México. 54 pp.

Sáenz-Romero, C. 2004. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. En: Vargas-Hernández, J.J., B. Bermejo-Velázquez y F. Thomas-Ledig. 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales. Segunda Edición. Colegio

de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco. pp. 72-86.

Soto-Correa, J.C. 2005. Distribución de la biomasa en plántulas de procedencias de *Pinus pseudostrobus* Lind. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México.

Sotomayor-Castellanos, J. R. 2008. Tabla FITECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Coordinación de la Investigación Científica. UMSNH. Morelia, Mich. México. Formato 60x90 cm. 1 p.

Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. A.G.T. Editor S.A. México, D.F. 690 pp.

Terrones-Rincon, T. del R., M.A. Hernández-Martínez, S.A. Ríos-Ruíz, C. González-Sánchez y E. Herdia-García. 2006. Traspacios Agroforestales con arbustivas nativas. F. técnico no. 1. Nov. INIFAP. Celaya, Gto. México. 28 pp.

Terrones-Rincón, T. del R., H. García-Navarro, M.A. Hernández-Martínez y C. Mejía-Ávila. 2007. Potencial agroforestal con arbustivas nativas. F. técnico no. 1. Mar. INIFAP. Celaya, Gto. México. 36 pp.

Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J.J. Vargas-Hernández y J. López-Upton. 2006. Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios del Estado de Michoacán, México. Rev. Fitotecnia Mexicana. 29(2): 121-126. México.

Young, A. R. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Limusa. México, D.F. 636 pp.

Zobel, B. y Talbert, J. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. UTEHA. México. 545 pp.

## CAPÍTULO V.

VARIACIÓN DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DE *Albizia plurijuga* (Standl.) Britt. et Rose.

### RESUMEN

La densidad básica (DB) o peso específico de la madera es la relación entre su peso y su volumen. Esta propiedad es ampliamente utilizada para determinar la calidad de la madera y está bajo control genético. Se determinó la DB en *Albizia plurijuga* a partir de muestras cilíndricas pequeñas por tres métodos: Método empírico (ME), Método de desplazamiento de agua (MDA) y Método de máximo contenido de humedad (MMCH). Se analizaron los datos con un modelo estadístico lineal, obteniéndose para el ME la densidad básica en  $0.62 \text{ g/cm}^3$ ; MDA de  $0.61 \text{ g/cm}^3$  y para el MMCH de  $0.62 \text{ g/cm}^3$ ; resultando un promedio de  $0.62 \text{ g/cm}^3$ , con diferencias estadísticas entre las procedencias ( $P=0.05$ ) y entre métodos ( $P=0.04$ ). La comparación mediante una correlación simple resultante es de  $r=0.95$ ,  $P=0.0004$  entre el ME y el MMCH y  $r=0.98$ ,  $P<0.0001$  entre el ME y el MDA, ambos cercanos a la unidad, por lo cual, los tres métodos son igualmente eficientes para la determinación de la DB en *Albizia plurijuga* y probablemente en otras leguminosas.

Palabras clave: *Albizia plurijuga*, Procedencias, Densidad básica.

### V.1. Introducción.

Se llama peso específico aparente o densidad relativa de un cuerpo a la relación entre su peso y volumen (Kollmann, 1959). La densidad de la madera es el peso de la madera expresado por unidad de volumen (Zobel y Talbert, 1994). De los criterios usados para determinar la calidad de la madera, la gravedad específica es el más importante, puesto que se relaciona de manera directa con la resistencia de la madera y con los rendimientos de pulpa para la industria papelera (Daniel *et al.*, 1982; Barajas-Morales, 1987 *fide* Aguilar Rodríguez *et al.*, 2001). No hay duda alguna de que el peso específico de la madera o densidad de la madera es, con mucho, su característica más importante dentro de las

especies para casi todos los productos (Einspahr *et al.*, 1969; Barefoot *et al.*, 1970 *fide* Zobel y Talbert, 1994); es bajo ciertas hipótesis, un dato siempre útil como referencia de su calidad, pudiendo emplearse también como elemento de juicio en la selección y clasificación de la misma (Kollmann, *op. cit.*). La densidad de la madera es el indicador de casi todas las propiedades y calidad de la madera, sobre todo la fuerza y la rigidez (Young, 1991). Se entiende entonces, de acuerdo con lo anterior, que peso específico, densidad relativa, gravedad específica o simplemente densidad de la madera, son términos que se refieren al mismo concepto.

La densidad está dada por la cantidad de sustancia de pared celular presente en la madera, expresada como densidad básica, es un importante indicador de muchas de las propiedades físicas de la madera. Debido a que ésta presenta una buena correlación con otras características y propiedades ha sido ampliamente utilizada en estudios de variación de las propiedades de la madera (Panshin y Zeeuw, 1980), por ejemplo entre la anatomía de la madera y los ambientes secos y húmedos (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2001). La densidad de la madera no es un valor fijo, por el contrario varía en un rango de 0.16 a 1.04 g/cm<sup>3</sup> (Simpson y TenWolde, 1992 *fide* Tamarit-Urias y Fuentes-Salinas, 2003).

Aunque el objetivo principal de la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal es obtener árboles de crecimiento rápido, con mejor forma, bien adaptados y resistentes a las plagas, es posible también mejorar las propiedades de la madera en los mismos programas. La investigación ha demostrado que la mayoría de las propiedades de la madera, son lo suficientemente heredables para obtener ganancias rápidas económicamente importantes mediante la manipulación genética; además, el valor de la densidad básica de una especie permite contemplar el valor de un bosque en términos de biomasa, pues la productividad total de biomasa en un rodal no puede determinarse a menos que se conozca la densidad promedio de la madera (Zobel y Talbert, 1994). Debido a su efecto sobre la calidad y el rendimiento y a la gran heredabilidad, el peso específico ha adquirido gran importancia en la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal, sin importar si el objetivo es producir fibras o productos sólidos de madera (Zobel *et al.*, 1978 *fide* Zobel y Talbert, 1994).

Existen varios métodos para determinar la densidad básica de la madera; entre otros, el Método de desplazamiento de agua; el Método de máximo contenido de humedad y el propuesto por Valencia-Manzo y Vargas-Hernández (1997) como Método empírico, correspondiendo este último, de acuerdo con Kollmann (1959) a la relación del peso anhidro y el volumen de la madera para distintos grados de humedad, llamando a esta relación o valor, Peso volumétrico, el cual indica la cantidad de madera anhidra contenida en la unidad de volumen húmedo (Método estereométrico).

La determinación de la densidad de la madera es de primordial importancia cuando se pretende desarrollar investigación para el conocimiento de especies con potencial de uso. Determinar la densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga* es importante para fortalecer las referencias del conocimiento empírico respecto a su resistencia y durabilidad en diferentes usos. El presente trabajo de investigación contribuirá a la base científica y técnica, a partir de lo cual se propongan alternativas de uso, con lo cual los estudios relativos a las fuentes de semilla y los ensayos de procedencias tendrán bases más sólidas.

## **V.2. Objetivos.**

Determinar la densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga* mediante tres métodos utilizando muestras cilíndricas pequeñas para proponer algunos usos de la madera de esta especie.

## **V.3. Materiales y métodos.**

La Densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga*, se determinó a partir de muestras cilíndricas pequeñas de ocho procedencias: seis del Estado de Michoacán, una del Estado de Guanajuato y una del Estado de Jalisco (Cuadro V.1 y Figura V.1). Se seleccionaron diez árboles por procedencia con diámetro normal (1.30m a partir de la base) entre 14 y 35 cm. Se extrajo una muestra por árbol entre la corteza y la médula con un taladro Pressler de 5mm de diámetro en su interior, por lo cual, dichas muestras tenían un diámetro igual al del taladro, por un largo de aproximadamente la mitad del diámetro normal de los

árboles; asumiéndose por ello, que las probetas formaban cilindros perfectos. Una vez extraídas, las muestras se envolvieron inmediatamente en plástico adherente y se introdujeron en bolsas con cierre hermético para evitar que perdieran humedad; se conservaron así hasta que se midieron y pesaron.

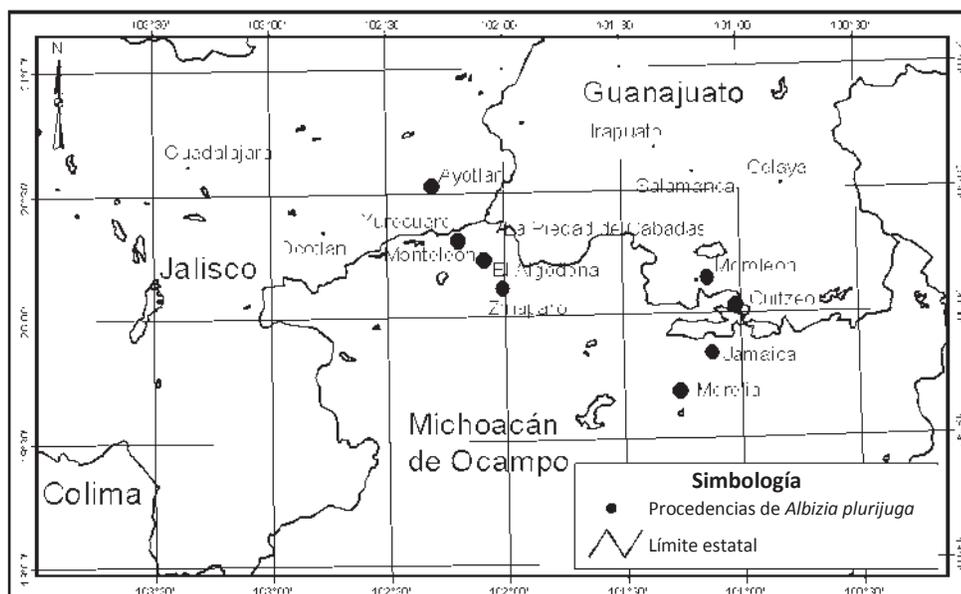


Figura V.1. Ubicación de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Cuadro V.1. Localización de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Estado	Coordenadas Geográficas		Rango de altitud de la recolecta
		Latitud Norte	Longitud Oeste	
Cuitzeo	Michoacán	19°57'43.84"	101°06'01.81"	1887-1909
Jamaica	Michoacán	19°51'46.78"	101°08'08.21"	1880-1965
Moroleón	Guanajuato	20°06'55.56"	101°09'28.73"	1827-1951
Morelia	Michoacán	19°41'22.70"	101°17'29.80"	1974-2017
Zináparo	Michoacán	20°10'03.12"	102°01'06.61"	1928-1937
El Algodonal	Michoacán	20°15'17.09"	102°05'22.54"	1762-1845
Monteleón	Michoacán	20°18'55.97"	102°13'19.81"	1516-1646
Ayotlán	Jalisco	20°31'12.10"	102°19'30.20"	1623-1662

Fue separada la albura del duramen para determinar la densidad básica únicamente del duramen. Los cilindros se pesaron en fresco en una balanza analítica (0.0001 g) y se midió el largo de las probetas con un vernier digital; posteriormente las probetas se sumergieron en agua y se pesaron periódicamente algunas de ellas hasta obtener peso constante, lo cual sucedió al término de 7 días, obteniéndose así el máximo contenido de humedad (MCH).

Se calculó el volumen de las probetas en verde por el método estereométrico (Kollmann, 1959); también se determinó el volumen por desplazamiento de agua al máximo contenido de humedad (Smith, 1954 *vide* Valencia-Manzo y Vargas-Hernández, 1997; Rojas-García y Villers-Ruíz, 2005). Posteriormente las muestras se pusieron a secar durante un mes a temperatura ambiente (aproximadamente a 30°C), y después se introdujeron en una estufa de secado a temperatura de 60-65°C, hasta obtener peso seco constante (peso anhidro), lo cual se logró en un tiempo de 24 horas. Para calcular el volumen de las probetas en verde por el método estereométrico, se utilizó la fórmula del cilindro:

$$V_v = \pi * D^2 * L / 4$$

En donde:

V<sub>v</sub>= volumen estimado del cilindro de madera (cm<sup>3</sup>).

D= Diámetro del cilindro que corresponde con el diámetro interior del taladro (5 mm).

L= Longitud de la muestra de madera (mm).

Con los datos obtenidos en la metodología anterior se determinó la densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga* por tres métodos y se compararon los resultados:

1. Método del Peso volumétrico o estereométrico (Kollmann, 1959) o Método empírico (ME), según Valencia-Manzo y Vargas-Hernández (1997), con la fórmula:

$$D_b = P_o / V_v \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

en donde D<sub>b</sub> = Densidad básica; P<sub>o</sub>= Peso anhidro; V<sub>v</sub>= Volumen verde (volumen calculado por el método estereométrico).

2. Método de desplazamiento de Agua, (MDA) con la fórmula:

$$D_b = P_o / V_v \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

en donde Db= Densidad básica; Po= Peso anhidro; Vv= Volumen verde (volumen calculado por desplazamiento de agua).

3. Método de máximo contenido de humedad (MMCH), con la fórmula (Smith, 1954 *vide* Valencia-Manzo y Vargas-Hernández, 1997; Rojas-García y Villers-Ruiz, 2005):

$$Db = \frac{1}{\frac{P_s - P_o}{P_o} + \frac{1}{Dr}}$$

en donde, Db= Densidad básica; Ps= Peso de la muestra saturada, Po= Peso anhidro; Dr= Densidad de la pared celular (1.53).

Los datos obtenidos se analizaron con un modelo estadístico, considerando únicamente el efecto de procedencia y el error experimental según C. Sáenz-Romero (comunicación personal, agosto 3, 2009; Investigador, IIAF (UMSNH); Mariotti, (1986).

$$Y_{ij} = \mu + P_i + E_{ij}$$

En donde  $Y_{ij}$ = variable de respuesta.

$\mu$  = media general.

$P_i$  = efecto de la procedencia.

$E_{ij}$  = efecto del error experimental.

El análisis para cada uno de los métodos se realizó con el procedimiento GLM de SAS, con el propósito de establecer posibles diferencias de la variable Densidad básica (Db) en las procedencias de *Albizia plurijuga*; se compararon las medias estadísticas con la prueba de Tukey para conocer las procedencias que presentaron diferencias.

Los valores obtenidos para la Densidad básica por el método de Peso volumétrico o Método empírico (ME), se compararon mediante una correlación simple, con los resultados de los otros dos métodos: Método de desplazamiento de agua (MDA) y Método de máximo contenido de humedad (MMCH), con el objeto de conocer la eficiencia en su aplicación y proponer el más sencillo y rápido de implementar.

Se realizó un análisis estadístico con el procedimiento GLM entre los 3 métodos para determinar las posibles diferencias entre ellos y una prueba de medias por el procedimiento LSD (Diferencia mínima significativa) para determinar los métodos que mostraran diferencias.

Adicionalmente, utilizando el valor de la Densidad básica, se determinó el porcentaje de la pared celular (Pc) y el porcentaje de los espacios vacíos (EV) en la madera de *Albizia plurijuga*, lo cual es útil para procesos industriales tales como el secado y la impregnación de la madera, con las fórmulas siguientes (Tamarit-Urias y Fuentes-Salinas, 2003):

$$PC = \left[ \frac{Db}{1.53} \right] 100 \quad ; \quad EV = \left[ 1 - \frac{Db}{1.53} \right] 100$$

Donde:

PC= Pared celular

Db= Densidad básica

EV= Espacios vacíos

1.53 (Densidad de la pared celular)

Por otra parte se realizó una correlación simple entre el índice de aridez y la densidad básica con el objeto de conocer el grado en que estos parámetros están relacionados, asimismo se realizaron correlaciones simples entre la densidad básica y el contenido de humedad y la densidad básica y la altura de plántulas en vivero.

#### **V.4. Resultados y discusión.**

Los valores promedio de la densidad básica resultaron de 0.62, 0.61 y 0.62 g/cm<sup>3</sup> respectivamente para ME, MDA y MMCH (Figura V.2).

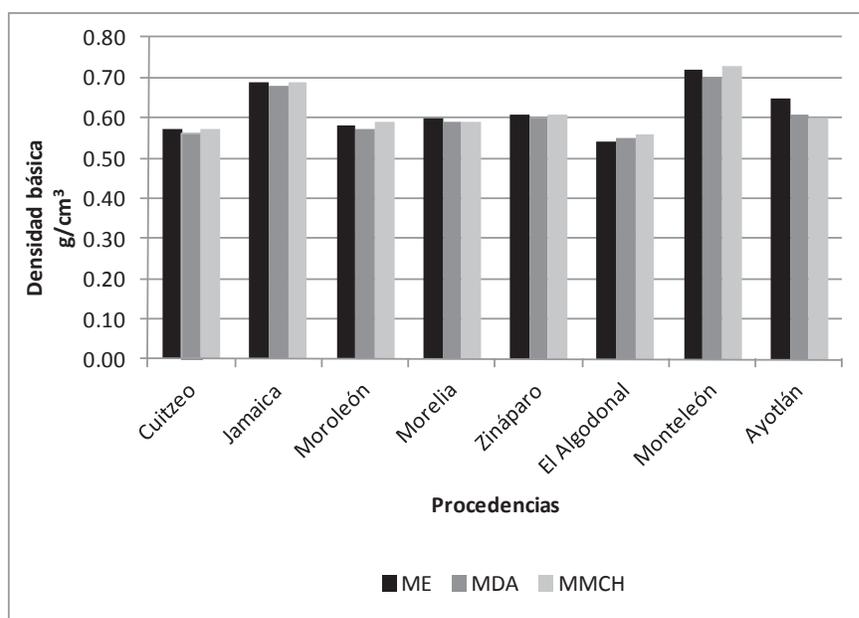


Figura V.2. Densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga* por tres métodos.

Los estadísticos calculados para el parámetro de la densidad (Cuadro V.2), muestran que los valores mínimos son entre 0.33 y 0.41 g/cm<sup>3</sup> y máximos entre 0.83 a 0.89 g/cm<sup>3</sup>, con desviaciones estándar entre 0.10 y 0.12 y que el promedio de la densidad básica entre las procedencias es de 0.62 g/cm<sup>3</sup>.

Cuadro V.2. Estadísticos para la densidad básica de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* por los métodos: empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad.

Método	Densidad básica			
	Media g/cm <sup>3</sup>	Mínimo g/cm <sup>3</sup>	Máximo g/cm <sup>3</sup>	Desviación Estándar
Empírico	0.621	0.33	0.85	0.12
Desplazamiento de agua	0.606	0.41	0.83	0.10
Máximo contenido de humedad	0.619	0.41	0.89	0.12

Los componentes de la varianza obtenidos para la densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga* (Cuadro V.3), indican que en los tres métodos analizados existen diferencias significativas entre las procedencias (P<0.05).

Cuadro V.3. Componentes de la varianza para la densidad básica de la madera de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* por los métodos: empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad.

Métodos	Variable	FV	GL	SC	CM	F	P
ME	Densidad	Procedencias	7	0.28	0.04	3.63	0.0021
		Error	72	0.80	0.01		
MDA	Densidad	Procedencias	7	0.21	0.03	3.39	0.0035
		Error	72	0.64	0.01		
MMCH	Densidad	Procedencias	7	0.25	0.04	3.23	0.0049
		Error	72	0.80	0.01		

ME= Método empírico; MDA= Método de desplazamiento de agua; MMCH= Método de máximo contenido de humedad.

La comparación de medias por el procedimiento Tukey (Cuadro V.4), indicaron la formación de tres grupos para el ME y dos grupos para los métodos MDA y MMCH. En el primer caso se muestran diferencias entre las procedencias El Algodonal ( $0.55 \text{ g/cm}^3$ ) y Monteleón ( $0.70 \text{ g/cm}^3$ ). En el MDA también la procedencia Monteleón presentó una densidad básica alta ( $0.70 \text{ g/cm}^3$ ) con respecto a las procedencias Moroleón ( $0.59 \text{ g/cm}^3$ ), Cuitzeo ( $0.57 \text{ g/cm}^3$ ) y El Algodonal ( $0.56 \text{ g/cm}^3$ ), las cuales presentaron las densidades más bajas determinadas por este método. En el caso del MMCH se indica que también la procedencia Monteleón es la que tuvo el valor más alto de la densidad básica con  $0.73 \text{ g/cm}^3$ , presentándose los valores más bajos en las procedencias Cuitzeo y El Algodonal, por lo tanto la procedencia Monteleón presentó los valores más altos y la procedencia El Algodonal, los promedios más bajos en el análisis por los tres métodos.

Cuadro V.4. Prueba de Tukey para los métodos utilizados en la determinación de la densidad básica de la madera de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	ME		MDA		MMCH	
	Media $\text{g/cm}^3$	Grupo	Media $\text{g/cm}^3$	Grupo	Media $\text{g/cm}^3$	Grupo
Monteleón	0.72	A	0.70	A	0.73	A
Jamaica	0.69	A B	0.68	A B	0.69	A B
Ayotlán	0.65	A B C	0.61	A B	0.60	A B
Zináparo	0.61	A B C	0.60	A B	0.61	A B
Morelia	0.60	A B C	0.59	A B	0.59	A B
Moroleón	0.58	B C	0.57	B	0.59	A B
Cuitzeo	0.57	B C	0.56	B	0.57	B
El Algodonal	0.54	C	0.55	B	0.56	B

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

Las diferencias significativas entre las procedencias por cada uno de los métodos, sugieren la existencia del efecto de procedencia y por lo tanto el efecto de las condiciones ambientales, esto se debe, de acuerdo con Zobel y Talbert (1994), a que para diversas características, las diferencias atribuibles al efecto de localidades, por lo general se asocian a la adaptabilidad de las especies. Además, los mismos autores mencionan que características como el peso específico de la madera, la rectitud del fuste y otras características cualitativas de los árboles, tienen componentes de variación aditiva más fuertes que las características de crecimiento.

La comparación de los valores de la densidad básica por medio de una correlación simple (Figura V.3) entre el ME y el MDA es de  $r=0.98$ ,  $P<0.0001$  y entre el ME y el MMCH es de  $r=0.95$ ,  $P=0.0004$ , ambos muy cercanos a la unidad, por lo cual en ambas comparaciones la correlación es significativamente alta. Existiendo también alta correlación estadística entre el MDA y el MMCH ( $r=0.98$ ).

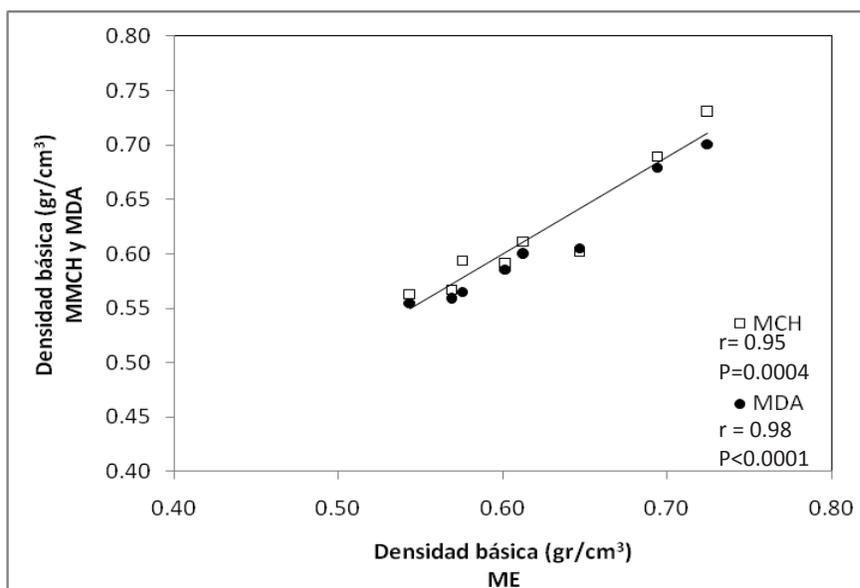


Figura V.3. Correlación simple entre los métodos: Empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad.

Valencia-Manzo y Vargas-Hernández (1997), compararon estos métodos (ME, MDA, MMCH) en una correlación simple en *Pinus greggii* y encontraron una alta significancia estadística ( $r=0.96$ ), para el caso del Método de desplazamiento de agua y ( $r=0.99$ ) para el caso del Método de máximo contenido de humedad, llegando a la conclusión de que el

Método empírico es el más rápido de realizar y por lo tanto recomiendan se utilice cuando se tenga un alto número de muestras. Por su parte Rojas-García y Villers-Ruíz (2005), también compararon en una correlación simple, los métodos empírico y máximo contenido de humedad en *Pinus harwegii* y encontraron  $r=0.99$ , por lo cual también concluyen que el método empírico se puede usar eficientemente para la determinación de la densidad básica de la madera. De acuerdo con el valor del índice de correlación cercano a la unidad, obtenido en la presente investigación entre los métodos ME y MDA, así como entre los métodos ME y MMCH, se determina que cualquiera de los tres métodos puede utilizarse eficientemente para el caso de *Albizia plurijuga*; además, estos resultados muestran que las tres metodologías para la determinación de la densidad básica estuvieron bien desarrolladas.

El análisis estadístico (Cuadro V.5), indica diferencias entre los métodos utilizados para la determinación de la densidad básica ( $P=0.0465$ ).

Cuadro V.5. Componentes de la varianza para la densidad básica de la madera de ocho procedencias de *Albizia plurijuga* por los métodos: empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad.

FV	GL	SC	CM	F	P
Métodos	2	0.010	0.005	3.85	0.0465
Procedencias	7	0.725	0.104	81.18	<0.0001
Error	14	0.018	0.001		

La prueba de medias entre los tres métodos forma dos grupos, mostrando tales diferencias entre ME y MMCH, con respecto al MDA (Cuadro V.6).

Cuadro V.6. LSD para los métodos: empírico, de desplazamiento de agua y máximo contenido de humedad, utilizados en la determinación de la densidad básica de la madera de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Procedencia	Media g/cm <sup>3</sup>	Grupo
Monteléon	0.719	A
Jamaica	0.687	B
Ayotlán	0.618	C
Zináparo	0.608	C D
Morelia	0.593	D E
Moroleón	0.578	E F
Cuitzeo	0.565	F G
El Algodonal	0.553	G

\* Medias marcadas con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $P>0.05$ ).  
LSD= Diferencia mínima significativa.

En la correlación lineal se busca saber que tan cercanos están los valores de la densidad entre las procedencias por cada uno de los métodos y en el análisis de varianza se busca encontrar posibles diferencias entre los métodos; además, debido a que la diferencia de los valores de la densidad es mínimo entre los métodos, probablemente no sea notoria en la correlación lineal y sí en el análisis de varianza

Los resultados de los promedios anteriores no concuerdan con los reportados por Carrillo-Sánchez *et al.* (2003), de  $0.53 \text{ g/cm}^3$  de densidad para la madera de *Albizia plurijuga*; la concordancia existe únicamente con el valor mínimo de la procedencia Morelia para el Método empírico. Es probable que esta diferencia se deba a que se utilizaron probetas de una sola localidad del municipio de Morelia, Michoacán. El valor promedio obtenido de  $0.62 \text{ g/cm}^3$  para densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga* en la presente investigación resultó del análisis entre árboles y procedencias; por otra parte, el valor obtenido se encuentra en el rango de la densidad básica de varias especies de leguminosas (Cuadros V.7 y V.8). Es conocido, que en el caso de algunas coníferas (Mitchell y Wheeler, 1959 *fide* Daniel *et al.*, 1982), ocurra una considerable variación en los árboles de la misma especie con respecto a su gravedad específica, llegado hasta el 50%. Por su parte Daniel *et al.* (1982), menciona que la gravedad específica varía según las localidades debido a las diferencias ecológicas y a la amplia gama de condiciones que se presentan a lo largo de la distribución natural de cualquier especie; respecto a lo cual también Aguilar-Rodríguez *et al.* (2001), mencionan que la densidad de la madera parece estar más relacionada con el hábitat que con cualquier característica morfológica, citando el ejemplo de individuos de *Bursera* y *Ceiba*, presentes en el matorral. Para el caso de *Albizia plurijuga* no existe correlación ( $r=-0.05$ ,  $P=0.9013$ ) entre la densidad básica de la madera y el índice de aridez (Figura V.4).

Considerando el valor promedio de la densidad básica de  $0.62 \text{ g/cm}^3$ , obtenido en la presente investigación, y de acuerdo con la clasificación presentada por Echenique-Manrique y Plumptre (1994), la densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga* es alta, clasificándose como muy pesada según la tabla contenida en Benítez-Ramos y Montesinos-Lagos (1988).

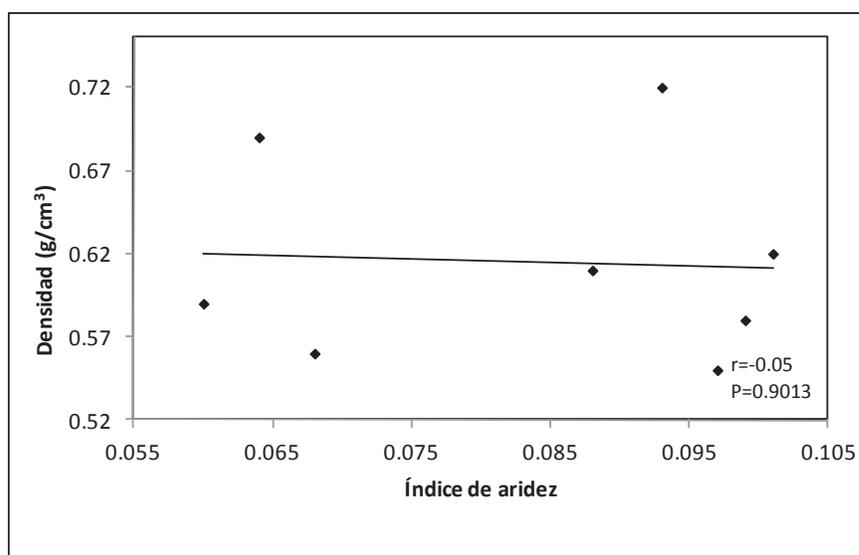


Figura V.4. Correlación entre el índice de aridez y la densidad básica de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Otras especies del género *Albizia*, las cuales se utilizan para diversos propósitos, presentan densidades básicas diferentes a la encontrada en *Albizia plurijuga* (Cuadro V.7).

Cuadro V.7. Comparación de la densidad básica entre especies del género *Albizia*.

Especie	DB g/cm <sup>3</sup>	Clasificación	Fuente
<i>Albizia plurijuga</i>	0.62	Alta	En el presente trabajo
<i>Albizia caribaea</i>	0.70	Alta	Benítez-Ramos y Montesinos-Lagos (1988)
<i>Albizia longepedata</i>	0.58	Alta	Benítez-Ramos y Montesinos-Lagos (1988)
<i>Albizia leucalyx</i>	0.52	Mediana	Sotomayor-Castellanos (2008)
<i>Albizia lebbeck</i>	0.55	Mediana	<a href="http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/octos/39-legum5m.pdf">http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/octos/39-legum5m.pdf</a> . 2009

Especies de la misma familia botánica de *Albizia plurijuga* usadas con variados propósitos, cuya densidad básica es diferente a la de *Albizia plurijuga*, son las siguientes (Cuadro V.8):

Cuadro V.8. Especies de leguminosas con densidades básicas diferentes a la de *Albizia plurijuga*.

Especie	DB g/cm <sup>3</sup>	Clasificación	Fuente
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.67	Alta	Benítez-Ramos y Montesinos-Lagos (1988)
<i>Leucaena esculenta</i>	0.75	Muy alta	Aguilar-Rodríguez (2001)
<i>Lonchocarpus latifolius</i>	0.60	Alta	Benítez-Ramos y Montesinos-Lagos (1988)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0.35	Baja	Sotomayor-Castellanos (2008)
<i>Lysiloma acapulensis</i>	0.52	Mediana	Sotomayor-Castellanos (2008)
<i>Pithecellobium arboreum</i>	0.65	Alta	Sotomayor-Castellanos (2008)
<i>Prosopis juliflora</i>	0.70	Alta	Sotomayor-Castellanos (2008)
<i>Prosopis laevigata</i>	0.65	Alta	Sotomayor-Castellanos (2008)
<i>Ebanopsis ebano</i>	1.06	Muy alta	Sotomayor-Castellanos (2008)

De varias especies se conocen algunas propiedades anatómicas, fisicomecánicas y tecnológicas, sin embargo, no todas ellas se usan cotidianamente. El desconocimiento de cómo tratarlas y usarlas también contribuye a que no se usen o se les dé un uso inadecuado (Echenique-Manrique y Plumptre, 1994).

Para el caso de *Albizia plurijuga* no se conocen usos técnica y científicamente probados. Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación y con base en los usos propuestos para otras especies (Echenique-Manrique y Plumptre *op. cit.*), con valores de la densidad básica iguales o cercanos a los de *Albizia plurijuga* (Cuadro V.9), se proponen para esta especie algunos probables usos, los cuales se presentan a continuación:

Cuadro V.9. Rango de Densidad básica y usos propuestos para algunas especies de leguminosas.

**Especies:** *Enterolobium cyclocarpum*, *Lysiloma acapulensis*, *Pithecellobium arboreum*.

**Rango de densidad** = 0.38 – 0.65 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Elementos estructurales para techos, muros, pisos: viguetas, vigas, correas, postes, pies derechos, cornisas y tablas.

**Especies:** *Lysiloma acapulensis*, *Pithecellobium leucocalyx*.

**Rango de densidad**= 0.38-0.56 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Elementos estructurales para cimbra para concreto.

**Especies:** *Lysiloma acapulensis*, *Pithecellobium arboreum*.

**Rango de densidad**=0.38-0.65 g/cm<sup>3</sup>; para lambrines: 0.30-0.56 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Elementos no estructurales para exteriores de edificios.

---

**Especies:** *Enterolobium cyclocarpum*, *Lysiloma acapulensis* y *Prosopis juliflora*.

**Rango de densidad**=0.38-0.65 g/cm<sup>3</sup>; para lambrines: 0.30-0.56 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Elementos no estructurales para interiores de edificios.

---

**Especies:** *Caesalpinia granadillo*, *Lysiloma acapulensis*.

**Rango de densidad:** 0.40-0.65 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Muebles de alta calidad.

---

**Especies:** *Enterolobium cyclocarpum*.

**Rango de densidad:** 0.38-0.65 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Muebles económicos.

---

**Especies:** *Caesalpinia granadillo*, *Dalbergia retusa*.

**Rango de densidad**=mayor a 0.48 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Artículos novedosos de artesanías.

---

**Especies:** *Platymiscium yucatanum*, *Pithecellobium arboreum*.

**Rango de densidad** = 0.38-0.65 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Mangos de herramientas no resistentes al impacto: palos de escoba, mangos de cepillos, brochas, etc.

---

**Especies:** *Lysiloma acapulensis*, *Prosopis juliflora*.

**Rango de densidad** = 0.53-0.70 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Mangos de herramienta resistentes al impacto: de martillo, pala, hacha, etc.

---

Algunas especies del género *Albizia* (Cuadro V.10), son utilizadas para diversos propósitos (Benítez-Ramos y Montesinos-Lagos, 1988).

Cuadro V.10. Características físicas y usos de especies del género *Albizia*.

---

**Especie:** *Albizia caribaea* (Urban) Britt. & Rose.

**Gravedad específica:** 0.70 gr/cm<sup>3</sup> (muy pesada).

**Trabajabilidad:** Fácil de aserrar, moderadamente difícil para el cepillado, el acabado es moderadamente fino, fuerte y resistente al clavado, muy resistente a los tornillos (difícil de extraer); de buen comportamiento en general. El polvo y aserrín provocan alergia nasal.

**Usos:** Columnas, vigas, pisos, armaduras, embarcaciones, entarimados, postes, puentes, parquet, muebles finos, ebanistería, carpintería en general, mangos para herramientas, herramientas manuales, molduras, decoraciones, duelas, escaleras, colorantes y taninos, empaques y embalajes, botes y barcos, contrachapados y aglomerados.

---

---

**Observaciones:** Es una especie considerada en el “marketing” de las maderas exóticas en América del Norte.

---

**Especie:** *Albizia longepedata* (Pitt.) Britt. & Rose.

**Gravedad específica:** 0.58 gr/cm<sup>3</sup> (pesada).

**Trabajabilidad:** Moderadamente difícil de aserrar, difícil para el cepillado; sin embargo, pule lisamente y es fácil de labrar.

**Usos:** Columnas, vigas, pisos, construcciones marinas, postes, carpintería en general, parquet, artesanías, ebanistería, muebles rústicos.

**Observaciones:** Esta especie de bondades ecológicas e industriales, debe ser mejorada cuantitativamente, dado que los ejemplares que crecen naturalmente presentan buenas condiciones y formas de fuste. Su madera es aceptada en las carpinterías del país.

---

**Especie:** *Albizia lebeck* (L.) Britt. & Rose.

**Densidad básica:** 0.55 g/cm<sup>3</sup>.

**Usos.** Madera: fabricación de muebles y gabinetes, artículos torneados, chapa, parquet, artesonados, carretería, postes, cerillos, artículos deportivos y para el hogar; construcción de botes y ebanistería; se usan también exudados y resinas; como combustible, hojas y fruto como forraje, herramienta para implementos de trabajo, la corteza, hoja, flor y semillas en la medicina; la flor en apicultura y la corteza para la elaboración de jabones; además de que pueden utilizarse estacas vivas como tutores.

---

Flores-Vindas y Obando-Vargas (2003), reportan para *Albizia pedicularis*, que el secado al aire es moderadamente rápido y la madera seca sin defectos; el secado al horno es rápido (6-7 días) con un contenido de humedad de 90% y la madera muestra tendencia al torcimiento. Se corta y asierra bien. El acabado de las superficies planas es regular (grano rasgado frecuente), pero un buen cepillado y lijado uniforman la superficie. La madera no tornea bien (superficie felpuda y rasgada) y no responde bien cuando se utiliza broca (superficie felpuda y mechuda). Es susceptible a los hongos de la pudrición blanca y parda, así como a las termitas de la madera seca. La madera húmeda es fácilmente atacada por los hongos, y no se recomienda dejarla en el piso del bosque. La madera tratada puede utilizarse en construcción de interiores y carpintería general, postes, cercas, estacas, cornisas, rodapiés, cajas y barriles.

Los resultados de los porcentajes del contenido de la pared celular y de los espacios porosos en *Albizia pluriijuga*, indican la existencia de heterogeneidad de estos parámetros, obteniéndose una media general de la pared celular en las procedencias de 40.33 % y de espacios vacíos de 59.62 %, situación que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio (Cuadro V.11), lo cual es explicable dado que lo que no es espacios vacíos, es pared celular.

Cuadro V.11. Densidad básica, Contenido de humedad, Pared celular y Espacios vacíos en la madera de *Albizia pluriijuga*.

Procedencia	DB g/cm <sup>3</sup>	CH (%)	PC (%)	EV (%)
Cuitzeo	0.56	102.94	37	63
Jamaica	0.69	86.50	45	55
Moroleón	0.58	112.12	38	62
Morelia	0.59	108.45	39	61
Zináparo	0.61	105.41	40	60
El Algodonal	0.55	117.67	36	64
Monteleón	0.72	75.86	47	53
Ayotlán	0.62	103.49	41	59

Los resultados de la correlación simple entre la densidad básica y del contenido de humedad ( $r=-0.93$ ,  $P=0.0009$ ), indican la existencia de una alta correlación negativa entre estas variables físicas de la madera de *Albizia pluriijuga* (Figura V.5). Al aumentar la densidad básica disminuye el contenido de humedad, lo cual se explica debido a que a mayor contenido de pared celular es menor el % CH (Tamarit-Urias y Fuentes-Salinas, 2003). El coeficiente de correlación anterior no es igual a la unidad debido a que la pared celular no es la única que limita el contenido de agua, sino también los extractivos y los componentes inorgánicos.

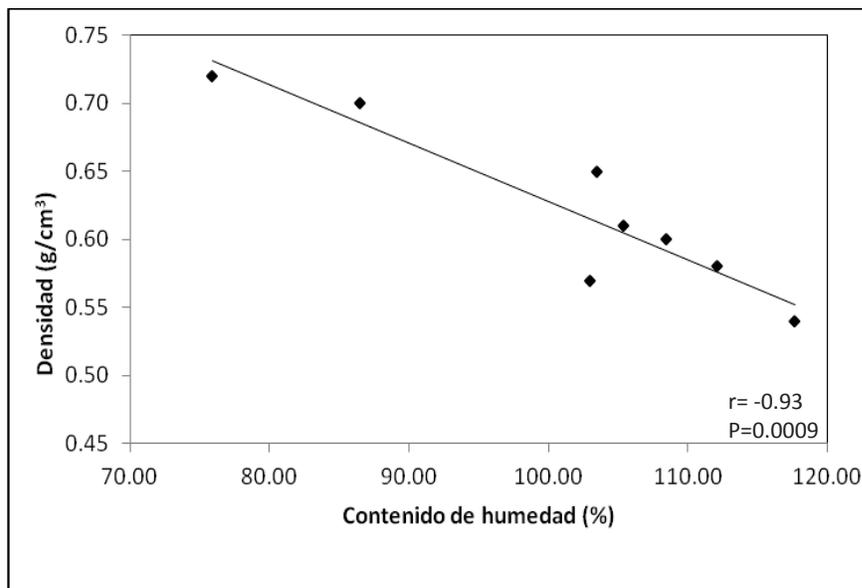


Figura V.5. Correlación entre contenido de humedad y densidad básica de la madera de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

La correlación entre la densidad básica y la altura alcanzada en vivero por las plántulas ( $r=-0.25$ ,  $P=0.5483$ ), indica que la densidad básica no es un factor que influya en el crecimiento en la altura de las plántulas en condiciones de vivero (Figura V.6).

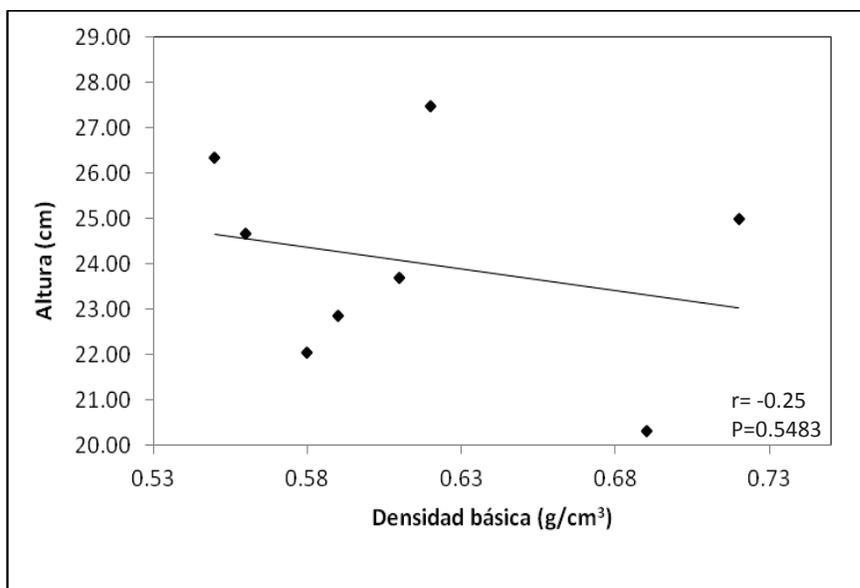


Figura V.6. Correlación entre la densidad básica y el crecimiento en vivero de plántulas de ocho procedencias de *Albizia plurijuga*.

Madrigal-Sánchez y Guridi-Gómez (2002) mencionan que la madera de *Albizia plurijuga* se utiliza en la elaboración de sillas de montar, muebles y otros objetos, en algunos casos en sustitución de la parota (*Enterolobium cyclocarpum*). Considerando los datos anteriores

sobre usos de las maderas respecto a su densidad básica y el valor de  $0.62 \text{ g/cm}^3$  de la densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga*, se pueden proponer los siguientes usos:

Elementos estructurales para interiores y exteriores, muebles de alta calidad, muebles económicos, artesanías y mangos resistentes para herramientas, así como mangos para utilería diversa que requiere poca o mayor resistencia.

#### **V.5. Conclusiones.**

Existen diferencias significativas entre las procedencias respecto a la densidad básica, debido a que las condiciones en las que se encuentran las procedencias estudiadas también presentan diferentes condiciones ambientales; las cuales son una condición importante para la variabilidad, lo cual indica un alto efecto de procedencia.

La comparación de los valores de la densidad básica en una correlación simple entre ME con respecto a los métodos MDA y MMCH es muy cercana a la unidad por lo cual la determinación de esta variable por cualquiera de los tres métodos es igualmente eficiente, proponiéndose utilizar preferentemente el ME con el objeto de ahorrar tiempo y recursos. La eficiencia del método se ha demostrado en la comparación con especies de coníferas, y se obtuvieron resultados similares en *Albizia plurijuga*, por lo cual se puede deducir utilizarlo con buenos resultados para leguminosas y posiblemente para otras latifoliadas.

El uso de probetas pequeñas cilíndricas es útil para la determinación de la densidad básica en *Albizia plurijuga*, con lo cual se evita el derribo de los individuos por estudiar, esto es lo que se ha llamado en otras determinaciones físicas de la madera como métodos no destructivos.

El contenido de humedad está directamente relacionado con la densidad básica, debido a que si aumenta la densidad disminuye el porcentaje del contenido de humedad y viceversa. De igual manera, la densidad básica se relaciona con el porcentaje de espacios porosos debido a que a menor cantidad de espacios porosos mayor densidad básica: entonces menos espacios porosos, menor contenido de humedad y mayor densidad

básica. Esta característica se presenta debido a que la densidad básica está condicionada a la cantidad de lignina (madera).

Conocer las características físicas de la madera, primordialmente la densidad básica, es de gran utilidad para determinar los usos probables que se le pueda dar a la madera, por lo cual para el caso de la madera de *Albizia plurijuga* se clasifica como muy densa y pesada, pudiéndose utilizar para muebles de alta calidad, muebles económicos, artesanías y mangos resistentes para herramientas; así como mangos para utilería diversa que requiere poca o mayor resistencia. Es posible su utilización en estructuras en interiores y exteriores, cuando la madera provenga de árboles con fuste largo.

De acuerdo con los autores antes citados se sabe que la densidad básica de la madera es altamente heredable, por lo tanto, bajo esta consideración y la variabilidad que presenta la densidad en *Albizia plurijuga* se puede deducir que bajo un programa de mejoramiento genético se puede manipular esta variable para obtener una densidad deseada.

#### **V.6. Bibliografía.**

Aguilar-Rodríguez, S., L. Abundis-Bonilla y J. Barajas-Morales. 2001. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. An. de Int. de Biol. UNAM. Serie Botánica 72(2): 171-185.

Benítez-Ramos, R. F. y J. L. Montesinos-Lagos. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, propiedades y usos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. 216 pp.

Carrillo-Sánchez, A., A. Sánchez-Trejo y L. I. Guridi-Gómez. 2003. Anatomía de la madera y aspectos ecológicos de algunas leguminosas del Matorral subtropical del Municipio de Morelia, Michoacán. Ciencia Nicolaita. UMSNH. 34:35-44. Morelia, Mich. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. [Internet]. *Albizia lebeck* Publicado en: London Journal of Botany 3:87. 1844. Disponible en: <[http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/39-legum5m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/39-legum5m.pdf)>. Fecha de consulta: [03-febrero-2010].

Daniel, W. T., J. A.-Helms y F. S.-Backer. 1982. Principios de Silvicultura. McGraw-Hill. México. 492 pp.

Echenique-Manrique, R. y R.A. Plumptre. 1994. Guía para el uso de maderas de Belice y México. Universidad de Guadalajara, Consejo Británico, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, A.C. Universidad de Oxford. México. pp. 196.

Flores-Vindas, E y G. Obando-Vargas. 2003. Árboles del trópico húmedo. Importancia socioeconómica. Tecnológica de Costa Rica. 1ª Ed. Cartago. Costa Rica. 922 pp.

Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Ministerio de Agricultura. Inst. Ftal. De Inv. Y Experiencia y serv. de la madera. Madrid. España. Tom. Primero. pp. 673.

Panshin, A.J. y Carl de Zeeuw. 1980. Textbook of Wood technology. 4º Ed. McGraw-Hill. 722 pp.

Rojas-García, F. y L. Villers-Ruíz. 2005. Comparación de dos métodos para estimar la densidad de la madera de *Pinus hartwegii* Lindl. del Volcán La Malinche. Madera y Bosques. Vol. 11 (1): 63-71. México.

Madrigal-Sánchez, X y L. E. Guridi-Gómez. 2002. Los árboles silvestres del municipio de Morelia, Michoacán. Ciencia Nicolaita. UMSNH. 33:20-58. Morelia, Mich. México.

Mariotti, J.A. 1986. Fundamentos de genética biométrica. Sría. Gral. de la OEA. Washinton, D.C. 152 pp.

Sotomayor-Castellanos, J. R. 2008. Tabla FITECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Coordinación de la Investigación Científica. UMSNH. Morelia, Michoacán, México. Formato 60x90 cm. 1 p.

Tamarit-Urias, J. C. y M. Fuentes-Salinas. 2003. Parámetros de humedad de 63 maderas latifoliadas mexicanas en función de su densidad básica. Rev. Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. Universidad Autónoma de Chapingo. Vol. 9, número 002: 155-165. México

Valencia-Manzo, S. y J. Vargas Hernández. 1997. Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. Madera y Bosques. Instituto de Ecología. Vol. 3 (1): 82-86.

Young, A. R. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Limusa. México. 636 pp.

Zobel, B. y Talbert, J. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. UTEHA. México. 545 pp.

## CAPÍTULO VI.

### CONCLUSIONES GENERALES.

Existen diferencias estadísticas significativas entre las procedencias en la producción y características de las semillas de *Albizia plurijuga*, tales como número de semillas llenas por fruto, semillas por kilogramo y porcentaje de germinación. El porcentaje mayor de semillas llenas, así como el porcentaje alto de germinación, indica que el área de las procedencias estudiadas, es potencialmente productora de semillas, aunque solamente algunas de ellas representan el mejor origen. En general las procedencias con mayor porcentaje de semillas llenas presentan mayor crecimiento en altura, lo cual sugiere buen vigor en las semillas y no presenten el fenómeno de la endogamia en esas procedencias. En la procedencia Morelia se registró uno de los porcentajes altos de semillas llenas pero escaso desempeño en altura.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación del crecimiento en altura de las plántulas en vivero de *Albizia plurijuga*, se puede asumir que existen diferencias en esta variable entre las procedencias, las cuales son causa de diferencias ambientales; un ejemplo de lo cual, se muestra al observar que entre las procedencias Zináparo y Ayotlán existen diferencias significativas en la variable altura y a la vez presentan el porcentaje más bajo de similitud florística, con lo cual se puede concluir que efectivamente existen diferencias ambientales entre estas procedencias.

La procedencia Ayotlán, la cual se ubica en el Estado de Jalisco, es la mejor para la producción de semilla y con la mejor calidad; también resultó la mejor para la obtención de plántulas en vivero, lo cual es útil para los programas de plantaciones forestales comerciales de *Albizia plurijuga*, debido al mayor crecimiento en altura y diámetro, mayor porcentaje de sobrevivencia y mayor peso seco de las plántulas, esto último por localizarse en una de las menores altitudes y por lo tanto su acumulación de biomasa es mayor. Con relación a la supervivencia en campo, también esta procedencia muestra ventajas junto con las procedencias Moroleón y Monteleón, Michoacán, las cuales presentan los mayores porcentajes de supervivencia. El desarrollo de brotes después de

las afectaciones por exceso de agua y sequía sugiere que las plántulas pueden adaptarse al sitio después de un periodo mayor de tiempo.

Existen diferencias significativas entre las procedencias en la densidad básica de la madera de *Albizia plurijuga*, encontrándose la procedencia Ayotlán en un valor intermedio para este parámetro, pudiéndose asumir por esa circunstancia, que su crecimiento en campo también sea mayor, junto con los árboles de las procedencias con valores más bajos de la densidad. A partir de los valores obtenidos de la densidad básica de la madera de esta especie, se clasifica como densa y pesada, siendo posible su utilización en elementos que requieran poca o mayor resistencia. Debido a que la densidad básica es heredable se puede manipular genéticamente para obtener una densidad deseada.

En la presente investigación se evaluaron las procedencias a partir de individuos previamente seleccionados, por lo cual, los resultados corresponden a los mejores