



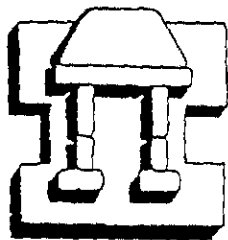
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES IZTACALA

PROPAGACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ESPECIES
(*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) M.C.
Johnston, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y
Mimosa depauperata Benth) DE IMPORTANCIA
FORESTAL NO MADERABLE EN "EL DEXTHI -
SAN JUANICO", MPIO. DE IXMIQUILPAN, HGO.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
VERÓNICA JIMÉNEZ MENDIETA

DIRECTOR DE TESIS: BIÓL. FRANCISCO LÓPEZ GALINDO



Tlalnepantla, Estado de México 1999

TESIS CON
LLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
ÍNDICE DE CUADROS.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. OBJETIVOS.....	3
3.1. Objetivo General.....	3
3.2. Objetivos Particulares.....	3
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1. Proceso de producción de plantas por medio de la germinación de semillas.....	4
4.2. Germinación:Requerimientos y Limitantes.....	5
4.3. Latencia: Causas y Características, latencia física: Estrategias naturales y artificiales para romperla.....	5
4.4. Antecedentes de Estudios e Investigaciones acerca de estrategias para romper la latencia en las especies seleccionadas.....	7
4.4.1. Uso de ácido sulfúrico.....	7
4.4.2. Escarificación mecánica.....	8
4.4.3. Uso de agua caliente.....	8
4.5. Características e importancia de las especies seleccionadas.....	8
4.5.1. <i>Prosopis laevigata</i> (MEZQUITE).....	9
4.5.1.1. Género <i>Prosopis</i>	9
4.5.1.2. Sistemática.....	9
4.5.1.3. Taxonomía.....	9
4.5.1.4. Descripción Botánica.....	10
4.5.1.5. Fenología.....	11
4.5.1.6. Reproducción.....	12
4.5.1.7. Genética.....	12
4.5.1.8. Ecología.....	13
4.5.1.9. Origen y diversificación.....	14
4.5.1.10. Distribución Geográfica.....	14
4.5.1.11. Importancia: Ecológica y Antropocéntrica.....	15
4.5.1.12. Conservación.....	16
4.5.1.13. Revisión Temática del Género.....	17
4.5.2. <i>Leucaena leucocephala</i> (GUAJE).....	19
4.5.1.1. Género <i>Leucaena</i>	19
4.5.1.2. Sistemática.....	19
4.5.1.3. Taxonomía.....	20
4.5.1.4. Descripción Botánica.....	20
4.5.1.5. Fenología.....	22
4.5.1.6. Reproducción.....	22
4.5.1.7. Genética.....	23
4.5.1.8. Ecología.....	23
4.5.1.9. Origen y diversificación.....	24
4.5.1.10. Distribución Geográfica.....	25
4.5.1.11. Importancia: Ecológica y Antropocéntrica.....	25
4.5.1.12. Conservación.....	27

4.5.1.13.	Revisión Temática del Género.....	28
4.5.3.	Mimosa depauperata (SHASNI).....	29
4.5.1.1.	Género Mimosa.....	29
4.5.1.2.	Sistemática.....	29
4.5.1.3.	Taxonomía.....	30
4.5.1.4.	Descripción Botánica.....	30
4.5.1.5.	Fenología.....	31
4.5.1.6.	Reproducción.....	32
4.5.1.7.	Genética.....	32
4.5.1.8.	Ecología.....	33
4.5.1.9.	Origen y diversificación.....	33
4.5.1.10.	Distribución Geográfica.....	34
4.5.1.11.	Importancia: Ecológica y Antropocéntrica.....	34
4.5.1.12.	Conservación.....	35
4.5.1.13.	Revisión Temática del Género.....	35
4.3.	Normas para análisis y ensayos de semillas.....	36
V.	AREA DE ESTUDIO.....	37
5.1.	Medio Físico y Geográfico.....	37
5.1.1.	Ubicación Geográfica.....	37
5.1.2.	Fisiografía.....	37
5.1.3.	Geología.....	37
5.1.4.	Edafología.....	37
5.1.5.	Hidrología.....	38
5.1.6.	Clima.....	38
5.1.7.	Vegetación.....	38
5.2.	PERFIL HISTÓRICO-CULTURAL.....	38
5.2.1.	Antecedentes Históricos.....	38
5.2.2.	Toponimia.....	39
5.2.3.	Demografía.....	39
5.2.4.	Lengua.....	39
5.2.5.	Indumentaria.....	39
5.2.6.	Vivienda.....	40
5.2.7.	Artesanías.....	40
5.2.8.	Economía.....	40
VI.	METODOLOGÍA.....	42
6.1.	Etapa de Gabinete 1.....	42
6.2.	Etapa de Campo 1.....	42
6.3.	Etapa de Laboratorio 1.....	43
6.4.	Etapa de Invernadero.....	45
6.5.	Etapa de Campo 2.....	46
6.6.	Etapa de Laboratorio 2.....	48
6.7.	Etapa de Gabinete 2.....	49
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
7.1.	Análisis de calidad de las semillas.....	50
7.2.	Caracterización de las condiciones de selección, conservación y almacenamiento de semillas.....	50
7.3.	Análisis de pureza, peso de la semilla y análisis de viabilidad.....	51
7.4.	Evaluación de la Germinación.....	52
7.4.1.	Análisis de germinación en Mezquite.....	52

7.4.1.1.	Digestión Acida.....	53
7.4.1.2.	Agua a diferentes temperaturas.....	54
7.4.1.3.	Digestión Alcalina.....	54
7.4.1.4.	Evaluación de Sustratos.....	55
7.4.2.	Análisis de germinación en Guaje.....	59
7.4.2.1.	Digestión Acida.....	59
7.4.2.2.	Agua a diferentes temperaturas.....	60
7.4.2.3.	Digestión Alcalina.....	61
7.4.2.4.	Evaluación de Sustratos.....	62
7.4.3.	Análisis de germinación en Shasni.....	62
7.4.3.1.	Digestión Acida.....	62
7.4.3.2.	Agua a diferentes temperaturas.....	63
7.4.3.3.	Digestión Alcalina.....	64
7.4.3.4.	Evaluación de Sustratos.....	65
7.4.4.	Aspectos comunes de la germinación de las especies estudiadas.....	67
7.5.	Insectos que afectan la viabilidad y calidad de las semillas de las especies estudiadas.....	69
7.5.1.	Ubicación Taxonómica e Importancia.....	69
7.5.2.	Estrategias y Métodos de Control Sugeridos.....	71
VIII.	CONCLUSIONES.....	73
IX.	SUGERENCIAS.....	74
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	75



MI ANGEL



**Quando te conocí
yo vagaba sola y sin destino
y nunca imaginé
que tu serías
el ángel de mi camino.**

**Tú le diste a mi vida
una razón para vivir
y un motivo más para sonreír
ahuyentando la tristeza
y el dolor de existir
me hiciste sentir que en el mundo
todavía hay alguien que me ama
me llenaste de estímulo y calor
sacándome del abismo
que tenía en mi interior.**

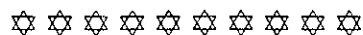
Quando te conocí...

PARA JUAN :

**que puedas encontrar lo que deseas en la vida,
reconocerlo cuando lo veas,
y tener la buena suerte de obtenerlo...
iii y de conservarlo iii**

CON TODO MI AMOR

V.J.M.



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	página
1. CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA TESTA DE MIMOSEAE.....	5
2. IMAGEN DE UN INDIVIDUO ADULTO DE MEZQUITE.....	11
3. IMAGEN DE UN INDIVIDUO ADULTO DE GUAJE.....	22
4. IMAGEN DE UN INDIVIDUO ADULTO DE SHASNI.....	31
5. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA DEL CENTRO PILOTO DEXTHI-SAN JUANICO.....	41
6. PORCENTAJES DE GERMINACIÓN DE MEZQUITE.....	55
7. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE MEZQUITE.....	59
8. PORCENTAJES DE GERMINACIÓN DE GUAJE.....	62
9. PORCENTAJES DE GERMINACIÓN DE SHASNI.....	65
10. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE SHASNI.....	66
11. Imagen de Algarobius atratus.....	72
12. Imagen de Algarobius johnsoni.....	72
13. Imagen de Mimosestes amicus.....	72
14. Imagen de Mimosestes nicoya.....	72
15. Imagen de Stator pruininos.....	72
16. Imagen de Acanthoscelides sp.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	página
1. TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS A LAS SEMILLAS DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS.....	44
2. TRATAMIENTOS ÓPTIMOS APLICADOS A LAS SEMILLAS DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS.....	46
3. TIPOS DE SUSTRATO Y PROPORCIONES A EMPLEAR EN LA EVALUACIÓN DE LA EMERGENCIA DE LAS ESPECIES INVESTIGADAS.....	47
4. PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS EVALUADOS EN CADA UNO DE LOS SUSTRATOS SELECCIONADOS.....	49
5. ANÁLISIS DE PUREZA, NÚMERO DE SEMILLAS POR KG Y ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.....	51
6. VARIABLES DE RESPUESTA OBSERVADA EN MEZQUITE CON LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	53
7. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE MEZQUITE EN DIFERENTES SUSTRATOS.....	57
8. VARIABLES DE RESPUESTA OBSERVADA EN GUAJE CON LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	60

9. VARIABLES DE RESPUESTA OBSERVADA EN SHASNI CON LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	63
10. PORCENTAJES DE EMERGENCIA DE SHASNI EN DIFERENTES SUSTRATOS.....	66
11. VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS EVALUADOS EN CADA UNO DE LOS SUSTRATOS SELECCIONADOS.....	58
12. ESPECIES DE BRUCHIDAE QUE ATACAN A LAS SEMILLAS DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS.....	69

RESÚMEN

El Valle del Mezquital presenta problemas de desertificación, traducidos en un elevado índice de erosión, lo que origina la formación de cárcavas y desaparición de la vegetación, por lo cual, es indispensable establecer medidas para disminuir el proceso de degradación de suelo, mediante el uso de las leguminosas nativas, como *Prosopis laevigata*, *Leucaena leucocephala* y *Mimosa depauperata*, dada su importancia económica, ecológica y etnobotánica, con el fin de incrementar la formación de coberturas vegetales. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue la de implementar técnicas que garanticen una propagación más eficiente de las especies citadas. Para lo cual se aplicó una metodología de selección y conservación de semillas (ISTA, 1976), pruebas de escarificación para acelerar el proceso germinativo, elección de sustratos que favorezcan la emergencia y establecimiento de las plántulas y determinación de insectos que depredan sus semillas. Los resultados mostraron que: en mezquite se obtuvo 80% de pureza, 24,200 semillas/kg y 100% de viabilidad; con la digestión ácida durante 5 y 10 minutos se alcanzó el 100% de germinación; el mejor sustrato fue la tierra de cultivo con 85.66% de emergencia y las principales plagas de sus semillas son: *Algarobius atratus*, *A. johnsoni*, *Mimosestes amicus*, *M. nicoya* y *Acanthoscelides sp.* En guaje se determinó 88% de pureza, 17,300 semillas/kg y 90% de viabilidad; el mejor porcentaje germinativo, 78.33%, se alcanzó con ácido sulfúrico por 20 minutos; no se presentó emergencia en los sustratos empleados; los depredadores de sus semillas son *Algarobius atratus*, *A. johnsoni* y *Acanthoscelides sp.* En shasni se registró un 94% de pureza, 74,000 semillas/kg y 90% de viabilidad; el mejor tratamiento pregerminativo fue con digestión ácida por 10 minutos, alcanzando 96.66% de germinación; el sustrato que favoreció su emergencia fue la tierra de cultivo, con 18%; el insecto que ataca con mayor incidencia a sus semillas es *Stator pruinosus*. La diferencia de pesos encontrada se debe a la época de colecta, grado de humedad o desecación de la semilla, tamaño alcanzado al llegar a la madurez, condiciones ambientales durante la fructificación y tiempo de procesamiento. La digestión ácida es una buena técnica para elevar el porcentaje de germinación en poco tiempo. Los sustratos arenosos son los más adecuados para la emergencia y establecimiento de plántulas. Las medidas para evitar la pérdida de las semillas por la acción de los insectos, deben ser preventivas, aplicándolas cuando las vainas aún están inmaduras o realizar tratamientos posteriores a la colecta de las semillas; por otra parte, las especies de gorgojos identificadas son nuevos registros para estas especies en nuestro país, excepto *Mimosestes amicus*.

I. INTRODUCCIÓN

Los cambios políticos, económicos y sociales que se están dando actualmente en el país se manifiestan en la velocidad y complejidad crecientes con que aparecen y se agudizan los problemas ecológicos, económicos y sociales tanto en la zona urbana como en la rural. La incertidumbre aumenta en ésta última, ya que sus sistemas tradicionales de manejo de recursos son más vulnerables, no tan sólo por la acción directa de los mercados nacionales, sino por la ausencia de innovación tecnológica, que sin duda, disminuye las posibilidades de incorporarse al sistema productivo nacional (SEDESOL, 1994).

Este es el caso de las zonas áridas y semiáridas de México, en las que el suelo, el agua, la energía y sus recursos bióticos, se enfrentan a una situación tal que ponen en riesgo su sostenimiento para el desarrollo (García, 1993); además, no sólo se elimina el potencial que ofrecen dichos recursos como alternativa de crecimiento económico, sino que de igual forma se rompe el equilibrio ecológico que caracteriza a estas zonas, conduciendo frecuentemente a la desertificación.

La erosión es uno de los principales promotores de la desertificación de la superficie nacional (SEDESOL, *op.cit.*; Granados y Pérez, 1995) y una de las consecuencias de éste proceso, ha sido la severa reducción de la productividad, expresada en la disminución de los rendimientos agrícolas, pecuarios y forestales, así como la pérdida de diversidad biológica. Específicamente, la pérdida de suelos es un problema severo que ha tenido repercusiones ecológicas, económicas y sociales de gran trascendencia, como son: empobrecimiento de las comunidades rurales, migración y deterioro de la calidad de vida de la población; constituyéndose en la actualidad como uno de los problemas a resolver de forma inmediata, ya que su mitigación generará beneficios en términos ecológicos y económicos.

Ante esta situación, la SEDESOL (*op. cit.*) en su Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993-1994, contempla algunas acciones encaminadas a fijar estrategias para el control y disminución de la pérdida del suelo, mediante la aplicación de acciones técnicas como: construcción de terrazas, cultivo en fajas, rotación de cultivos, diseño de parcelas en contorno, control del pastoreo, protección de taludes y rectificación de cárcavas y cauces.

Particularmente, el Valle del Mezquital, presenta un alto índice de erosión, que ha repercutido fuertemente en el área (Katerere, 1993) con la subsecuente formación de grandes áreas de cárcavas, terrenos desnudos y desaparición paulatina de la cobertura vegetal, debido a la acción conjunta de la topografía accidentada y condiciones climáticas que se presentan en el Valle.

Considerando esta problemática ambiental es indispensable establecer medidas para disminuir las condiciones de degradación del suelo, por lo cual se propone como una

alternativa de regeneración de este recurso, impulsar acciones técnicas dirigidas a incrementar la formación de coberturas vegetales, a través de prácticas como la reforestación y revegetación (SEMARNAP, 1995). Para lograr lo anterior, se plantea como una opción el uso de especies nativas, en particular forestales no maderables de uso múltiple e interés comunitario adaptadas a las condiciones ecológicas locales y que puedan ser susceptibles de utilizarse para la restauración y recuperación de ambientes degradados y a mediano plazo se constituyan como un recurso sustentable alternativo para los pobladores de la zona. El uso de especies nativas no maderables está muy limitado, de ahí que para llevar a cabo un uso exitoso de ellas, es preciso profundizar el conocimiento sobre la biología, ecología, fenología, propagación y el manejo de las especies disponibles, a fin de posibilitar su uso en acciones dirigidas hacia la conservación de suelos.

Dentro de las especies empleadas para estos fines, se encuentran las leguminosas, que juegan un papel primordial en las regiones áridas y semiáridas, gracias a su importancia ecológica y social (Vázquez y Batis, 1996) debido a que: son de rápido crecimiento, resisten condiciones de estrés, tienen la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, mejoran la fertilidad del suelo, disminuyen la erosión (González *et al.*, 1992), evitan la acción directa del viento y lluvia en el suelo, favorecen el restablecimiento de las poblaciones de flora y fauna nativas, generando condiciones favorables microambientales (Estrada y Marroquín, 1992). Además de constituirse como un recurso de uso múltiple como: producción de leña, carbón, forraje nutritivo, vainas comestibles, madera, postes, néctar, gomas, resinas y medicina (FAO, 1982; Saeedi y Maldonado, 1982; Vázquez y Batis, *op. cit.*).

Dada la importancia del grupo de las leguminosas, la finalidad del presente trabajo es el de evaluar metodologías y técnicas que garanticen una germinación más eficiente de las especies seleccionadas (*Prosopis laevigata*, *Leucaena leucocephala* y *Mimosa depauperata*), pertenecientes a dicho grupo, además de establecer los sustratos que faciliten su emergencia en condiciones de campo.

II. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación forma parte del “ Programa de Manejo Sustentable de Recursos, Restauración y Conservación de Suelos en El Dexthi, Alto Mezquital, Hidalgo” que está realizando el Laboratorio de Edafología de la ENEP Iztacala. El Programa tiene como objetivos: realizar un manejo adecuado de los recursos naturales y aplicar acciones dirigidas a disminuir la degradación de tierras. Dentro de las líneas de investigación de dicho programa, se encuentra la referida al manejo de especies nativas restauradoras de suelos, dentro del cual se enmarca el presente estudio. Los resultados positivos de éste, sentarán las bases metodológicas para producir organismos que posteriormente puedan ser integradas en un vivero comunitario; continuando su desarrollo hasta llegar a una talla que les permita emplearse dentro de las prácticas de recuperación de áreas degradadas e

improductivas de la zona de estudio, teniendo como metas la protección y rehabilitación de los suelos, regeneración de la vegetación nativa e incrementar el potencial del recurso.

Se seleccionaron a *Prosopis laevigata* (**Mezquite**), *Leucaena leucocephala* (**Guaje**) y *Mimosa depauperata* (**Shasni**) porque son indicadoras de condiciones edáficas y climáticas, por su importancia ecológica y etnobotánica para la comunidad (Alvarado *et al*, 1997), por ser consideradas con alto potencial productivo, sin embargo han estado sujetas a fuertes presiones antrópicas, que han influido en la disminución paulatina de las poblaciones de éstas; además de que las investigaciones en estas especies referidas a metodologías que permitan su domesticación son muy limitadas. Considerando que tales recursos vegetales están perfectamente adaptados a regiones áridas y semiáridas y en particular a las condiciones ambientales de la zona de estudio, se pretende iniciar ensayos que contemplen tratamientos a las semillas para favorecer su óptima germinación y evaluar sustratos, con la finalidad de implantar su producción en estas zonas; y a mediano y largo plazo se propicie su manejo y aprovechamiento sostenido.

III. OBJETIVOS

3.1. General:

- ◆ Evaluar y sistematizar métodos de germinación y propagación para la producción de *Prosopis laevigata*, *Leucaena leucocephala* y *Mimosa depauperata*

3.2. Particulares:

- Aplicar una metodología de selección y conservación de semillas que facilite su óptimo manejo
- Definir técnicas sencillas de germinación, mediante la valoración de tratamientos a las semillas de las especies investigadas, que sean susceptibles de ser adoptadas y aplicadas por los pobladores de la zona de estudio
- Estandarizar técnicas de propagación de las especies investigadas en diferentes sustratos
- Sugerir métodos para el control del gorgojo (Bruchidae) que ataca a las semillas de las especies investigadas durante su almacenamiento

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Proceso de producción de plantas por medio de la germinación de semillas

En el Valle del Mezquital existen plantas de uso múltiple, como las leguminosas, que tienen la facilidad de adaptarse a condiciones ecológicas limitantes; sin embargo, la regeneración natural se lleva a cabo lentamente, lo cual disminuye el uso inmediato de estas plantas. Por lo que es importante su conservación y fomentar su propagación, mediante la realización de estudios de calidad de semillas y tipos de sustratos apropiados para la producción de organismos.

Particularmente, la forma de propagación más extendida es el empleo de semillas, las cuales representan la posibilidad de dispersión de una especie en el espacio y tiempo. Las principales determinantes de esta capacidad son: la morfología característica de las semillas, las potencialidades de las células de sus embriones y las reservas nutritivas de su endospermo.

Por otra parte, las semillas pertenecientes a la familia de Leguminosae y en particular, la tribu Mimoseae, se recubren por un conjunto de cubiertas seminales conocidas como testa, se muestran en la Fig. 1, son de consistencia y naturaleza variable y asumen un papel preponderante en el letargo seminal y en la iniciación de la germinación (Vicente, 1976), que permite la realización de diferentes funciones a lo largo de 3 estadios de desarrollo de la semilla:

- 1) Etapa de formación: interviene en procesos de nutrición, protección de la predación (mediante la formación de metabolitos secundarios como fenoles, lignina) y evita la deshidratación,
- 2) Etapa de maduración: le otorga impermeabilidad, dormancia, facilita la dispersión y protección de la predación y
- 3) Germinación; mediante la disminución de mucílago hidrófilico y su ruptura facilita y controla la entrada de agua e incrementa el vigor germinativo (Staden *et al.*, 1989).

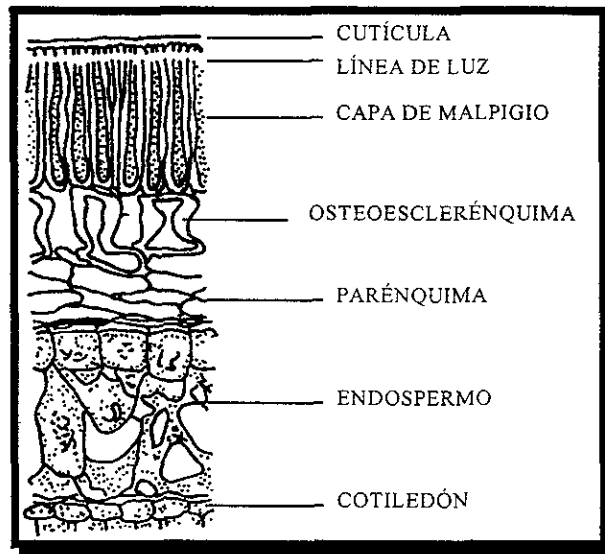


Fig 1. Características anatómicas de la testa de Mimoseae
(Tomada de Harz, 1885 citado en Gunn, 1981)

4.2. Germinación : Requerimientos y Limitantes

La *germinación* es el proceso en el que se lleva a cabo la reactivación del metabolismo de la semilla y por ende, del crecimiento del embrión y la emergencia de la radícula, desde el punto de vista fisiológico la definición se limita a lo anterior, pero morfológicamente incluye la producción o establecimiento de una plántula (Hartmann y Kester, 1990; Niembro, 1979).

Para que se lleve dicho proceso, es necesario considerar algunos requerimientos que la favorecen como: i) que la semilla sea viable, ii) que exista una temperatura, aireación y humedad óptimas y iii) eliminación de barreras fisiológicas presentes en las semillas (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

Existen también limitantes, que entre otros son: daños físicos, inmadurez, predación, presencia de enfermedades causadas por microorganismos y en particular, el fenómeno denominado latencia, reposo, dormancia o letargo.

4.3. Latencia: causas y características; latencia física: estrategias naturales y artificiales para eliminarla

La latencia se define como un estrategia ecológica que impide germinar a las semillas, ya que reducen al mínimo su actividad metabólica, hasta que se presenten condiciones óptimas o favorables para permitir una germinación rápida y completa así como el crecimiento, desarrollo y establecimiento de una nueva plántula (Niembro, *op. cit.*). Los

mecanismos que la causan son: a) impermeabilidad al agua, b) baja impermeabilidad a los gases, c) resistencia mecánica al crecimiento del embrión, d) permeabilidad selectiva a los reguladores del crecimiento, e) bloqueos metabólicos, f) presencia de inhibidores, g) embriones rudimentarios y, h) adquisición de mecanismos inhibidores (Hartmann y Kester, *op. cit.*; Maguire, 1980; Nikolaeva, 1969).

Dichos mecanismos se pueden manifestar tanto en la cubierta de la semilla más expuesta al medio como en los tejidos internos, por lo que el conocimiento sobre el tipo de latencia que se presenta nos permite seleccionar y aplicar los tratamientos más efectivos para inducir la germinación. Las principales características de la germinación de semillas con latencia son:

- ◆ incompleta, cuando parte de la población permanece inalterable o sin manifestar cambios externos aunque halla condiciones favorables para iniciar el proceso y otras que aunque logran embeberse no la completan.
- ◆ lenta, debido a que las semillas tardan en completarla.
- ◆ extremadamente sensible al medio, para realizarse requiere condiciones específicas de iluminación, temperatura o composición de la atmósfera (Hartmann y Kester, *op. cit.*; ISTA, 1976).

En particular, las especies trabajadas: mezquite, guaje y shasni, presentan **latencia física**, causada por la presencia de una cubierta impermeable que limita el proceso y cuando es removida o alterada favorece la reactivación metabólica del embrión.

Anatómicamente, la cubierta o testa está constituida por una secuencia de capas que consta de:

- a) una capa externa que puede estar formada por una o dos cutículas.
- b) una capa de células de macroesclerénquima en empalizada (capa de Malpigio), la cual se encuentra por debajo de la capa externa, estas células tienen sus paredes engrosadas especialmente en la parte orientada al exterior, donde se observa la llamada línea de la luz, originada por los cambios de composición química en la pared celular, por lo que hay diferencias en la refracción de la luz.
- c) bajo ésta capa, se encuentra una de osteoesclerénquima con grandes espacios intercelulares.
- d) posteriormente se encuentra un parénquima compacto sobre los tejidos nutritivos.
- e) tanto el micrópilo como el hilio están obturados por un tapón de parénquima o un recubrimiento externo de macroesclerénquima (Camacho, 1994).

Algunos autores coinciden en que todas estas capas contribuyen a impedir el paso del agua hacia el embrión y los tejidos nutritivos, pero aún no comprueban que capa de la cubierta es la responsable directa de la latencia física.

Fisiológicamente, la adquisición de la impermeabilidad se presenta al final de la maduración, durante la desecación. Si se cosechan antes de alcanzar su completa madurez y se siembran inmediatamente o bien se almacenan en un ambiente preferentemente húmedo, se evita que se presente impermeabilidad. Probablemente esto se debe a que la testa sufre un encogimiento que compacta las células del macroesclerénquima, presionándolas fuertemente unas con otras. Se considera que la latencia física es resultado de la oxidación de fenoles en presencia de quinona, lo que da origen a un pigmento, se ha observado en algunas especies una relación directa del color de la testa con la impermeabilidad; entre más oscura más impermeable. Este tipo de latencia además de presentarse en especies de leguminosas, se da en Anacardiaceae, Cannaceae, Chenopodiaceae, Convallariaceae, Geraneaceae, Liliaceae, Malvaceae, Rhamnaceae y Solanaceae (Nikolaeva, *op. cit.*).

Las estrategias naturales para el rompimiento de la latencia física son: fluctuaciones de temperatura y humedad del suelo, abrasión, ataque de microorganismos, congelamiento, el paso a través del tubo digestivo de algunos animales y el calentamiento que sufren las semillas durante un incendio (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

De igual forma, la entrada de agua se puede favorecer a través de la apertura del hilio y el micrópilo cuando son sometidos a impactos mecánicos, calentamiento y cáusticos (Nikolaeva, *op. cit.*). Artificialmente, la impermeabilidad se elimina mediante varios tratamientos: a) Productos cáusticos (Hartmann y Kester, *op. cit.*; Niembro, *op. cit.*), b) Escarificación mecánica (Hartmann y Kester, *op. cit.*), c) Agua caliente (Ramírez y Camacho, 1987), d) Congelamiento (Rolston, 1978), e) Radiación (Rolston, *op. cit.*; Camacho, *op. cit.*) f) Disolventes orgánicos (Rolston, *op. cit.*) y g) Calentamiento en seco (Hartmann y Kester, *op. cit.*).

4.4. Antecedentes de estudios e investigaciones acerca de estrategias para romper la dormancia en las especies seleccionadas

Se han realizado diversos estudios en las especies seleccionadas, en torno a la elección de métodos para romper la latencia física y favorecer la germinación, los más ampliamente utilizados son la digestión en ácido sulfúrico, escarificación mecánica y el agua a distintas temperaturas, por rangos diversos de inmersión.

4.4.1. Uso de Ácido Sulfúrico

Ha sido empleado y recomendado para aquellas semillas que tienen una testa dura durante diferentes tiempos de inmersión; para las leguminosas se han empleado tiempos que varían entre 3 y 10 minutos. Brito (1980), Brito y Niembro (1980), Ramírez y Camacho (*op. cit.*), Foroughbakhch (1989), Martínez (1994) y Rodríguez *et al* (1997) lo han empleado con buenos resultados en mezquite; Gray (1962), Foroughbakhch (*op. cit.*) y

Casique (1990) lo usaron en guaje y Martínez (1993) y Camargo (1997) lo utilizaron en especies del mismo género de shasni.

4.4.2. Escarificación Mecánica

Otro método es la escarificación mecánica, empleando comúnmente una lija para romper la testa y con ello, facilitar la entrada de agua y por consiguiente, la germinación. Este tipo de procedimiento lo han empleado Gray (*op. cit.*) y Becerra (1984) en guaje con resultados satisfactorios.

4.4.3. Uso de Agua Caliente

El tratamiento más sencillo es mediante el uso de agua caliente, el cual tiene dos variantes, en un caso se pueden dejar las semillas sumergidas en un recipiente con el agua y manteniendo la temperatura constante durante un lapso de tiempo dado y por otra parte, también se pueden manejar dos temperaturas, una inicial y dejar que vaya enfriándose hasta otra temperatura final, que es cuando se sacan las semillas y se colocan en una caja de petri, para su posterior germinación. Este método ha sido empleado por Brito (*op. cit.*), Foroughbakhch (*op. cit.*), Martínez (*op. cit.*), Arellano (1996) y Rodríguez *et al* (*op. cit.*) en mezquite, obteniendo bajos porcentajes; en tanto, Gray (*op. cit.*), Benth (1968), Alvarez y Bagaloyos (1977), Lasso y Meléndez (1980), Rodríguez y Eguiarte (1983), Becerra (1984), Ramírez (1985), Ramírez y Camacho (*op. cit.*), Foroughbakhch (*op. cit.*), Casique (*op. cit.*) y Rodríguez *et al* (*op. cit.*) lo han usado en guaje con resultados parciales y Martínez (*op. cit.*) lo empleó en una especie del género de shasni, con buenos resultados.

En general, los estudios sobre métodos de germinación que consideren tratamientos de escarificación a las semillas y producción de plantas de importancia forestal no maderable son escasos, de ahí que esta investigación pretende contribuir al acervo informativo sobre esta temática.

4.5. Características e Importancia de las especies seleccionadas

Como parte de la revisión bibliográfica hecha para cada especie, a continuación se resumen las características más sobresalientes del mezquite, guaje y shasni, con la finalidad de presentar un panorama general sobre aspectos taxonómicos, fisiológicos, fenológicos, de reproducción, genéticos, ecológicos, origen y diversificación, distribución geográfica, conservación e importancia ecológica y antropocéntrica, ya que las publicaciones hechas sobre estos temas se encuentran dispersas y el manejo de la información es difícil.

4.5.1. *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnston (MEZQUITE)

4.5.1.1. Género *Prosopis*

Comprende alrededor de 40 especies en América, distribuidas en las zonas áridas y semiáridas; en América del Norte (incluido México) se encuentran 9 especies que son nativas, mientras que en América Central y Sudamérica se encuentran 31 especies que son endémicas. Las que se encuentran distribuidas dentro del territorio mexicano son: *P. juliflora* (Sw.)DC., *P. pubescens* Benthams, *P. palmeri* S. Wats., *P. articulata* S. Watson, *P. tamaulipana* Burkart, *P. laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) M.C. Johnston, *P. glandulosa* Yorr., *P. glandulosa* var. *Torreyana* (Benson) Johnston, *P. velutina* S. Wats., *P. reptans* var. *Cinerascens* (A. Gray) Burkart (Ffolliet y Thames, 1983; Rzedowsky, 1988).

4.5.1.2. Sistemática

El género pertenece a la familia de las leguminosas (Fabaceae), dentro de las cuales se contabilizan cerca de 18 000 especies de plantas con formas de vida herbáceas, arbustos y trepadoras, ubicadas dentro de 700 géneros aproximadamente. La familia se divide en 3 subfamilias: Caesalpinoideae, Papilionoideae y Mimosoideae (Martínez, 1994). Establecer la taxonomía del género *Prosopis*, que pertenece a ésta última subfamilia, es muy difícil, principalmente por la gran variabilidad intra e interespecífica que se observa aún entre individuos de una misma especie. Tal es el caso de la especie en estudio, *Prosopis laevigata*, la cual hasta el año de 1965 se denominó *Prosopis juliflora*.

El género fue creado en 1767 por Linneo, posteriormente Benthams, hacia 1875, reconoció dentro de la subfamilia Mimoseae, 4 secciones, *Adenopis*, *Anonychium*, *Algarobia* y *Strombocarpa*. Más tarde, Burkart en 1940 en una primera revisión del género, propone su división en 6 secciones, incluyendo a las 4 antes mencionadas, *Cavenicarpa* y *Lomentaria*. En una segunda revisión, propone 5 secciones, que son: *Prosopis*, *Monilicarpa*, *Algarobia*, *Anonychium* y *Strombocarpa* (Morales, 1994).

4.5.1.3. Taxonomía

Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnston

Reino	Vegetal
División	Anthophyta
Clase	Dicotiledoneae
Familia	Leguminoseae
Subfamilia	Mimosoideae
Tribu	Mimoseae
Grupo	<i>Prosopis</i>
Género	<i>Prosopis</i>
Especie	<i>laevigata</i>
Nombre Común	Mezquite

4.5.1.4. Descripción botánica

- * **Forma:** Este género está representado por arbustos de tamaño medio o árboles frondosos de tronco pequeño, monopódico, corto y derecho, con un diámetro hasta de 1 m, pero generalmente de 30 a 60 cm, en sitios con buena disponibilidad de agua pueden alcanzar hasta 20 m de altura, pero el rango varía de 4-7 m; ocasionalmente se ramifica desde la base, la mayoría de las especies presenta troncos sencillos, debido a que tienen una fuerte tendencia a la dominancia apical y en consecuencia, con un buen desarrollo de la copa (Fig. 2). La formación de troncos ramificados puede ser el resultado de la destrucción del meristemo apical por animales o por procesos físicos como heladas (Martínez, 1994).
- * **Corteza:** gruesa (5-18 mm), la parte exterior se caracteriza por presentar color café negruzco, está algo fisurada, mientras que en la parte interior se presenta un color de crema amarillento a pardo y es fibrosa.
- * **Ramas:** ligeramente fisuradas cuando son jóvenes, con colores de verdes a pardo verdosas, en ocasiones son glabras o pilosas, presentan espinas nodales, pareadas y rectas, que miden de 12-35 mm de largo.
- * **Hojas:** presenta hojas pinnadas-compuestas, bipinadas, 5-12 cm de largo; presentan de 1 a 2 pares de pinas, 3-7 cm de largo; peciolo 1-4 cm de largo; folíolos 12 a 26 pares por pina, 4-10 mm de largo, 1-2.5 mm ancho, linear-oblongos, abruptamente apiculados en el ápice, glabros o diminutamente ciliados en los bordes, glándulas circulares presentes en la inserción de las pinas o sólo en el par de pinas terminal; yemas de 2 a 3 mm de largo, cubiertas por escamas lanceoladas, verdes, con pubescencia, 2 estípulas lineares y caedizas (Martínez, *op. cit.*).
- * **Flores:** son perfectas, cortas, numerosas; dispuestas en capítulos o racimos espigados, sésiles, de 5-8 cm de largo, flores amarillentas, pequeñas, perfumadas, nectaríferas; hermafroditas, actinomorfas, de 3 a 6 pétalos, elípticos a elípticos-oblongos, 3 a 4 mm de largo, separados; cáliz campanulado, lobulado (Dávila, 1983), 1-1.3 mm de largo, 10 estambres, libres, 4-5 mm de largo, unidos en la base, las anteras con una glándula pedicelada presente entre las tecas, ovario superior, largamente estipitado, alargado unilocular, multiovular, densamente pubescente, 3-4 mm de largo, estilo robusto piloso en la base, estigma ligeramente dilatado, simple y hueco.
- * **Fruto:** es una vaina indehisciente (no se abre en la madurez para liberar las semillas), coriosa, frecuentemente algo dura, linear-oblonga, recta o ligeramente curvada, de 3-20 cm de largo, 7-13 mm de ancho, constreñida ligeramente entre las semillas, con los segmentos redondeados o rectangulares, más cortos que anchos, de color pardo amarillento, en ocasiones con estrías rojizas longitudinales, ápice terminado en pico, el mesocarpio pulposo y epicarpio coriáceo, de sabor dulce; varias semillas separadas una de la otra por una red y fijadas en parénquima carnosos, a veces en pequeños tallos formando racimos de hasta 12 vainas, planas y enroscadas en forma de espiral.
- * **Semillas:** presentan una forma ovoide a elíptica, raramente rómbicas, comprimidas de unos 5 a 6 mm de largo, marcadas en ambas caras de la testa por unas líneas en forma de anillo (Dávila, *op. cit.*). Extremo calazal obtuso; extremo hilar agudo a levemente

obtuso a veces algo truncado. Testa de color castaño claro, rara vez castaño oscuro-verdoso, lisa, brillante, dura y resistente. Aproximadamente de 0.5 a 0.7 mm de grosor. Hilio y rafe: subapicales, situados en una pequeña concavidad. Hilio casi puntiforme, contiguo al rafe, de color algo más oscuro que el tegumento. Rafe elíptico a circular, lenticular, blanquecino, mayor que el hilio. Línea fisural abierta en herradura, más clara que el tegumento.

El embrión es recto de color amarillo crema y ocupa la mayor parte de la concavidad de la semilla. Los cotiledones son 2, grandes, planos y carnosos ovoides y ovales. Radícula corta, inferior y dirigido al hilio. Estas semillas presentan una delgada capa de endospermo triploide, lateral, duro, vidrioso, de color blanco traslúcido (Martínez, *op. cit.*).



Fig 2. Imagen de un individuo adulto de Mezquite

4.5.1.5. Fenología

El mezquite inicia la brotación de follaje en el mes de febrero hasta el mes de mayo, teniendo un traslape casi simultáneo con el crecimiento, el cual inicia su actividad en febrero y termina en julio, durante este período se encuentra creciendo y fructificando. En el mes de marzo (en ocasiones desde febrero) empieza su floración y sólo presenta una por año; la floración está influenciada por el fotoperíodo y la precipitación pluvial, el período que inicia desde la formación de flor hasta la abscisión del fruto maduro es de aproximadamente 110 días, los primeros frutos maduros se pueden obtener desde mayo encontrándose hasta agosto. A partir de julio, la actividad metabólica de la planta disminuye, para entrar posteriormente en una fase invernal sin hojas que dura de 10 a 90

días, tiene un crecimiento bastante rápido, con raíces muy profundas y requiere temperaturas del aire bastante altas y secas para florecer (Abrego, 1991).

La polinización cruzada es la forma primaria de efectuar la fecundación, aunque también presenta autogamia estricta. La estructura del fruto y el alto contenido de azúcar y almidón que contiene el mesocarpio indica la adaptabilidad del fruto para la dispersión animal. En efecto, lo dulce y el alto contenido de almidones son atractivos para los animales, en particular para los mamíferos, en los que pasa a través del tracto digestivo resistiendo los jugos gástricos (Martínez, 1994).

Como en otras especies, la semilla y la plántula son las partes más vulnerables del ciclo de vida, porque el suministro de agua es muy limitado, esto es particularmente importante porque la semilla se dispersa en sitios en los que éstas pueden germinar y las plántulas adaptarse, desarrollando rápidamente tejidos radiculares.

Tiene una considerable red de raíces laterales y una vigorosa raíz que penetra con frecuencia de 3 a 15 m, llegando a 20 m e incluso hasta más de 50 m en busca de agua.

4.5.1.6. Reproducción

Es una planta que básicamente se reproduce por semilla. Un kg de semilla contiene aproximadamente 2 000 semillas con 65 a 95% de germinación. Existe evidencia morfológica floral de que es una planta alógama, ya que primero se expande el estigma (protogina) y después los estambres, segrega abundante néctar y las flores son más o menos vistosas aunque pequeñas; todo lo cual favorece la alogamia y los cruzamientos naturales. La diseminación de las semillas es zoofila y frecuentemente endozoica, es decir, la diseminación se verifica a través del aparato digestivo de los animales (Dávila, 1983).

Con respecto a la viabilidad de las semillas, se ha señalado que las recolectadas por la Universidad de Arizona, permanecieron viables después de 44 años. Este tipo de reproducción se ve muy afectada por las sequías prolongadas, ratas e insectos que atacan al fruto, perforando la semilla; sin embargo, estos factores no han sido suficientes para evitar la invasión de esta planta a lugares de praderas o pastizales de agostadero teniendo que implementar medidas físicas, químicas y de manejo para poder controlarlo.

4.5.1.7. Genética

Presenta un gran polimorfismo debido a las condiciones del ambiente y a los cruzamientos naturales entre las poblaciones que son facilitadas por su enorme plasticidad genética. La falta de diferencia cromosómica y la ausencia de la incompatibilidad por barreras genéticas parece explicar en parte la alta incidencia de la hibridación interespecífica. El polimorfismo genético en las poblaciones de este género, es una ventaja dada la amplia gama de espectros de hábitats en los cuales pueden desarrollarse, considerando que no solamente los parámetros físicos del medio actúan como agentes selectivos, sino que las

interacciones bióticas juegan un papel importante y significativo en la formación de muchas características de adaptación. Posee un número cromosómico: $2n = 28$, por lo que su número básico es $x = 14$ (Montiel *et al*, 1993).

La reproducción vegetativa se da cuando se afecta la parte aérea del mezquite, ya que a 20 cm (aproximadamente) de la superficie del suelo y sobre la raíz principal se encuentran las yemas latentes. Estas yemas pueden dar origen a varias (5-8) plántulas en las cercanías del progenitor.

Se ha observado gran variación ecotípica en el tipo de germinación de vástagos, crecimiento, requerimientos de la temperatura para el crecimiento y tolerancia a las heladas, tanto en campo como en invernadero para los mezquites de Norteamérica y los de Sudamérica.

4.5.1.8. Ecología

Se considera que las vainas que son leñosas, dulces y nutritivas, como las del mezquite, han evolucionado para atraer grandes mamíferos, los cuales comen y digieren las vainas, pero no las semillas. Al pasar por el tubo digestivo de estos animales, las semillas son escarificadas favoreciendo su germinación. Además, durante este proceso de dispersión, las semillas evitan a sus depredadores, que las atacan cuando están cerca de las plantas madre; por tanto, ambos los mamíferos y las plantas, se benefician.

Una gran variedad de animales se alimentan de sus vainas, entre ellos: zorros, armadillos y ñandús en Sudamérica y hormigas, vacunos, roedores, ovejas y cabras en Norte y Sur de América. Por otra parte, la polinización se ve favorecida gracias a que las flores pueden ofrecer grandes cantidades de néctar a las abejas, miel de sabor y de alta calidad. Los insectos son los únicos invertebrados conocidos que usan los frutos y semillas de mezquite como fuente alimenticia, particularmente los coleópteros, lo cual puede dar como resultado la destrucción total de los frutos o las semillas. Sin embargo, existe uno, que en la zona de estudio recibe el nombre de chamue (Orden: Coleóptera) que se alimenta de sus hojas y lo utiliza como hábitat, además es importante porque es consumido por los pobladores del lugar.

Por otro lado, gracias a las condiciones microclimáticas y edáficas que se presentan bajo la sombra del mezquite, permite el crecimiento y establecimiento de diferentes plantas, entre ellas, cactáceas, compuestas, pastos, entre otras, se le conoce como una planta nodriza.

El mezquite no presenta una morfología ni afinidad ecológica uniforme a lo largo del norte y centro de nuestro país, ya que aunque prefiere lugares moderadamente secos, prospera bien en climas BW hasta en Cw y desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm, en cuanto a la humedad se distribuye en zonas con precipitación pluvial entre 300 y 900 mm anuales.

Por lo que se refiere a suelos, se distribuye tanto en suelos de origen calizo como ígneo, suelos planos y profundos con declive lento, generalmente las texturas donde se desarrolla son de tipo franco, franco arenoso y arcilla (Martínez, *op. cit.*).

4.5.1.9. Origen y Diversificación

De acuerdo con Burkart (1976) pertenece a un grupo primitivo de las Mimosoideae, que probablemente se originó en África Tropical, donde aún es posible observar poblaciones de *P. africana*, la menos especializada y más mesófila, único miembro de la sección *Anonychium* (Morales, *op. cit.*).

En América pueden distinguirse 4 líneas evolutivas y sus miembros muestran una preferencia evidente por los climas áridos. Por el número de sus componentes sobresalen dos secciones grandes: *Strombocarpa* (con 9 especies y con espinas estipulares) y *Algarobia* (con 30 especies y con espinas caulinares, la mayoría de las veces axilares). Además, la sección *Monilicarpa* incluye 1 especie, mientras que el género segregado *Prosopidastrum* incluye dos, que al parecer confirma un origen común en un ancestro central de flora desértica (Rzedowski, 1988).

Descubrimientos recientes de vainas enterradas en Argentina lo señalan como el país que posee semillas fosilizadas de más antigüedad; esto, aunado a la gran cantidad de especies (25) con que cuenta, lo ubica como el centro de diversificación de esta planta (Dávila, *op. cit.*).

El género es pantropical, es decir, que se presenta tanto en zonas tropicales como subtropicales de ambos hemisferios (Gómez y Signoret, 1970).

4.5.1.10. Distribución Geográfica

Morales (*op. cit.*) menciona que, de acuerdo a la teoría de la Deriva Continental de Wegener, las masas terrestres orientales y occidentales estaban unidas hacia finales del Mesozoico y principios del Terciario, cuando estos grupos se originaron; por lo tanto, los antecesores de las especies actuales del género pudieron haber emigrado ampliamente del centro de África hacia el este y hacia el oeste, evolucionando lentamente hacia especies no adaptadas a la dispersión a larga distancia, pero sí hacia especies con dispersión endozoica muy eficiente, a través de mamíferos y grandes aves, con legumbres digeribles y semillas duras que escapan a la digestión.

Los patrones de distribución actual no excluyen la posibilidad de una flora desértica ancestral común para ambas Américas, que posteriormente se dividieron ampliamente en dos centros, el Centro México-Texas y el Centro Argentina-Paraguay-Chile, donde se encuentran la mayoría de las especies. El hecho de que en ambos centros existan especies endémicas indica su antigüedad y que la dispersión a larga distancia jugó sólo un papel

secundario. Es probable que la especiación se presentó principalmente por mutación genética, como es muy sugerido por la uniformidad de los cariotipos y lentamente se originaron las especies americanas y algunas variedades ahora conocidas (Morales, *op. cit.*; Rzedowski, *op. cit.*).

En México, *Prosopis laevigata* se encuentra dentro de los estados de San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Michoacán, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Guanajuato y Estado de México (Dávila, *op. cit.*).

4.5.1.11. Importancia: Ecológica y Antropocéntrica

El mezquite y especies afines son de gran interés para el hombre y han sido estudiados por su importancia como componente arbóreo y arbustivo de la vegetación en zonas áridas y semiáridas (Villanueva, 1993). Estas plantas son abundantes en estas regiones y frecuentemente, constituyen el único estrato arbóreo de la vegetación, resaltando su capacidad por colonizar los suelos alcalinos típicos de estas zonas (Morales, *op. cit.*). Tiene importancia también como indicador de condiciones áridas y semiáridas (Miranda y Hernández, 1963) y de mantos freáticos (Oosting, 1958), sobre los cuales se podrían abrir pozos y practicar el riego del área, con la implantación de cultivos subsecuentes que ayudarían a disminuir la erosión eólica y pluvial.

Su sistema radical ayuda a evitar la erosión del suelo, además gracias a su capacidad de retención de suelo (Madom's Veterinary, 1955), la fijación de nitrógeno (Felker, 1979) y su rusticidad, se usan con frecuencia para contrarrestar efectos severos de erosión y regeneración de suelos degradados (Ramírez y Villanueva, 1991).

Asimismo, su establecimiento permite fijar dunas costeras, como barreras rompevientos, para reforestar tierras baldías y como planta nodriza de vegetación herbácea que crece bajo su cobertura, creando las denominadas "islas de fertilidad", que favorecen la germinación y crecimiento de otras especies vegetales.

Prosperan en suelos arcillosos, arenosos o suelos rocosos, incluyendo también los salinos (Felker, *op. cit.*). Especies como *P. affinis*, tiene la capacidad de retoñar desde la base después de ser cortados, de tal forma que se realiza la conservación y explotación simultánea (Morales, *op. cit.*). Aunque, de modo general, existe poca regeneración natural, dado principalmente por la apertura de áreas agrícolas, explotaciones irracionales e intenso pastoreo, esto último origina que las plantas en estado juvenil sean consumidas por los animales, no alcanzando a llegar a una etapa en la que se encuentren fuera de su alcance.

Por otro lado, el índice de utilidad en el Valle del Mezquital es bajo, de tipo doméstico, lo cual está en relación con su actual escasez, dada por el uso excesivo al que fue sujeto en el

pasado y porque la mayoría de los que existen en la actualidad carecen de la suficiente altura para poder aprovecharse industrialmente.

El producto más valioso según Gómez (1967) es la vaina, pues contribuye a reducir el costo de alimentación del ganado y su recolección en la época de sequía evita la emigración de los campesinos a otras zonas.

En el caso del Valle del Mezquital, la vaina se proporciona principalmente a los puercos y chivos, sirviendo para su engorda, gracias al elevado contenido de azúcares (47 % del peso del fruto), en ocasiones es utilizada en sustitución de golosinas por los indígenas, ya que su sabor es agradable.

La madera se emplea casi exclusivamente para el fuego hogareño que arde día y noche y en ocasiones, cuando el fuste es mayor, se utiliza como soporte de sus casas. La planta se usa en el Valle para separar propiedades (López, 1990), para sombrear ganado y para guardar forraje en sus copas (Martínez *et al.*, 1976; Brito y Niembro, 1980). La goma excretada es colectada por los indígenas dándole varios usos, entre los que se pueden mencionar los medicinales (afecciones respiratorias, fortalecimiento de los dientes), como pegamento en trabajos de madera y en la manufactura de cerillos. Los retoños son empleados para curar afecciones de los ojos al molerse en crudo y también para malestares estomacales en forma de té o infusión (Alcócer, 1903).

Los foliolos o ramas jóvenes son consumidos por el ganado ovino y caprino y la distribución de éste último está relacionada con la del mezquital en lugares áridos, por tratarse de una planta zoófila y endozoica. A pesar de existir ya en escasas cantidades en el Valle del Mezquital, podría tener una aplicación más amplia si se propiciará la reforestación adecuada, también podría tener mayor rendimiento cultivándolo y buscando al mismo tiempo algún aprovechamiento para los habitantes de la localidad, con lo que sus recursos económicos aumentarían (Ramírez y Villanueva, *op. cit.*).

Dada la importancia y el uso múltiple del mezquite en esta zona, es de particular interés implementar metodologías tendientes a establecer las condiciones óptimas para su cultivo, propagación, manejo y conservación, para que a la postre, el uso generalizado de este recurso vegetal, pueda llevarse a cabo acorde con un aprovechamiento sustentable.

4.5.1.12. Conservación

El paulatino empobrecimiento de las zonas naturales donde se distribuyen estas especies, hace necesario encarar el problema de recuperación de zonas áridas y semiáridas. La escasez creciente de materia prima para la industria maderera plantea la posibilidad de que en el futuro se utilicen, con un manejo adecuado, especies que en algunas regiones son poco aprovechadas. tal como es el caso del mismo mezquite, como de otras leguminosas.

La explotación inadecuada y sin manejo de poblaciones naturales de mezquites en Norteamérica, así como algarrobos en Sudamérica, han ocasionado una gran disminución de estas especies; además el lento proceso de reposición natural ha agravado esta situación, por lo que se inició un plan internacional de conservación genética, en el cual tanto Argentina como México juegan un papel trascendente, dada la concentración de especies que existen dentro de sus territorios. Entre las medidas se sugiere preservar algunas áreas como reservas para la selección y conservación de los mejores árboles, así como la creación de un banco de germoplasma (Morales, *op. cit.*).

4.5.1.13. Revisión Temática del Género

En cuanto a trabajos realizados sobre distribución, ecología, germinación, cultivo y propagación de mezquite, se tienen los siguientes:

Huart (1902), realizó un informe sobre su cultivo y explotación; Alcócer (*op. cit.*), publicó sus usos medicinales; Ramírez (1937) estudió el aprovechamiento de especies de importancia económica en la región del Valle del Mezquital; Burkart (1940) publicó una monografía del género; Arreola (1956) abordó aspectos sobre su propagación; Johnston (1962) estudió los mezquites de Norteamérica de la sección Algarobia; Gómez (*op. cit.*) estableció su importancia económica; Schuster (1969) publicó bibliografía de especies de Norte América; Gómez (1970) realizó la caracterización ecológica y su aprovechamiento en el Valle del Mezquital; Signoret (1970) aporta datos sobre su aprovechamiento en el mismo Valle; Morales (1971) realiza ensayos de introducción de especies forestales en zonas áridas; Aguirre (1972) evaluó medidas para su eliminación; Schuster (1973) citó aspectos sobre su crecimiento, manejo económico, control y usos; Palacios y Bravo (1974) estudiaron la morfología de semillas de varias especies de Norte América y neotropicales (parte 1); al año siguiente (1975) publicaron la parte 2 de su trabajo; Burkart (*op. cit.*) realizó una monografía sobre el género; Martínez *et al* (1976) hicieron una nota sobre sus aspectos generales; Mooney *et al* (1977) estudiaron su fenología, morfología y fisiología; Villagómez (1978) menciona métodos efectivos para obtener óptimos porcentajes de germinación; Felker (1979) abordó sus usos antropocéntricos e importancia ecológica y económica; Brito (*op. cit.*) realizó tratamientos a semillas de zonas áridas; Brito y Niembro (*op. cit.*) determinaron el efecto de varios tratamientos sobre la respuesta germinativa de especies de zonas áridas; Felker y Clark (1980) evaluaron la fijación de nitrógeno mediante la inoculación de bacterias en especies del género; Mendiola (1980) estudió el control químico del huizache y mezquite en pastizales; Felker *et al* (1981) evaluaron la tolerancia a la salinidad de algunas leguminosas; Habit y cols. (1981) citaron su uso en zonas áridas.

Dávila (1983) señaló su distribución en México; Johnson (1983a) publicó un manual sobre insectos de América que infestan su semilla; Ffolliet y Thames (1983) revisaron literatura sobre prácticas de recolección, manipuleo, almacenaje y pretratamiento de sus semillas en América Latina; en ese mismo año, Ffolliet realizó un manual sobre su taxonomía en México, Perú y Chile; Galindo (1983) realizó la caracterización de su variación y usos en

el Altiplano de San Luis Potosí; Becker *et al* (1984) evaluaron su composición bromatológica; Felker y Clark (1984) evaluaron su producción de vainas en norte y sudamérica, Hawaii y Africa; Martínez (1984) estudió su arquitectura foliar; Naranjo *et al* (1984) señaló su morfología, cromatografía y citogenética; Barrios (1985) realizó su caracterización nutricional en 3 épocas de corte; Earl (1985) comentó su importancia en el subtrópico de México; Cantú (1986) proporcionó datos sobre su entomofauna espermátofaga; Galindo (1986) trabajó su hibridación natural; Galindo y García (1986) publican sus usos en el Altiplano Potosino; Hunziker y cols. (1986) estudiaron su taxonomía, variación genética y bioquímica en Argentina; Serrato (1986) evaluó el efecto de la utilización de 4 muestras de harina de vaina en la dieta del cerdo en engorda; Balboa y cols. (1987) hicieron su propagación *in vitro* de fragmentos apicales y arraigamiento de estacas; Rzedowski (1988) hizo un análisis de su distribución geográfica en Norteamérica; Balchellog *et al* (1989) iniciaron su propagación *in vitro*; Caballero y Avila (1989) comentan la necesidad de realizar estudios más amplios; Foroughbakhch (*op. cit.*) aplicó diferentes tratamientos a la semilla de especies forestales; Cantú (1990) estableció la fenología de la floración y fructificación; Earl (1990) señaló su distribución en México; López (1990), estudió los cercos vivos en zonas áridas; Arya *et al* (1991) realizaron su propagación vegetativa; Abrego (1991) evaluó su fenología; Nandwani y Ramawat (1991) obtuvieron formación de callos a partir de explantes nodales; Ramawat y Nandwani (1991) comentan los problemas, perspectivas y perseverancia en su propagación; Ramírez y Villanueva (1991) evaluaron su reforestación en la zona media y en el altiplano potosino; Frias *et al* (1992) propuso métodos de remoción de leña en el norte de Guanajuato; Galindo *et al* (1992) citaron el potencial de hibridación natural en San Luis Potosí; Hernández (1992) evaluó su aprovechamiento; Ramírez (1992) realizó una guía para su producción en vivero; Estrada y Marroquín (*op. cit.*) describieron las leguminosas en el Centro-Sur de Nuevo León; González *et al* (*op. cit.*) estudiaron su propagación y crecimiento en vivero; Bustamante y Pimentel (1993) realizaron la caracterización física y química de su goma; Estrada (1993) estudió el potencial de aprovechamiento de su goma, vainas, hojas y madera; Gupta y Meena (1993) emplearon prácticas de cultivo para su establecimiento; Montiel *et al* (1993) obtuvieron su cariotipo por medio de una técnica de extendido en superficie y secado al aire; Tapia *et al* (1993), evaluaron su contenido de ADN según la latitud; Villanueva (1993), estableció su distribución actual y su caracterización ecológica; Martínez (*op. cit.*) evaluó experimentalmente métodos de producción de plántulas; Mutha *et al* (1994) citaron el efecto del peso de su semilla sobre su calidad germinativa; Mehta y Sen (1994) señalaron métodos para su germinación.

Morales (1994) hizo una clave taxonómica del género; Morales y Ruíz (1994) analizaron su valor nutritivo; Aviles *et al* (1995) evaluaron el efecto del nodrizaje vegetal en el establecimiento del zacate navajita en un agostadero semiárido del Valle de Actopan, Hidalgo; Aranda (1995) compiló estudios bromatológicos y químicos; Córdoba (1995) analizó la mutagenicidad de su goma; Granados y Hernández (1995) estudiaron el sistema de recolección en una comunidad ñahñu del Valle del Mezquital; Huerta (1995) determinó el papel de árboles y arbustos como plantas nodrizas; Arellano (*op. cit.*) analizó su

potencial productivo; Granados (1996) publicó sobre su genética, distribución, usos, entre otros; Vázquez y Batis (*op. cit.*) señalaron la obtención de organismos resistentes al frío; Orozco (1997) evaluó el efecto de BAP, ANA y AIB en su establecimiento *in vitro*; Rodríguez *et al* (*op. cit.*) realizaron un estudio comparativo sobre morfología, ultraestructura y germinación de especies nativas; Villanueva (1997) publicó notas sobre su aprovechamiento, manejo y propagación para producción de leña, forraje y madera en zonas áridas.

4.5.2. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (GUAJE)

4.5.2.1. Género *Leucaena*

Este género comprende alrededor de 22 especies con 6 taxa infraespecíficos y dos híbridos nombrados, distribuidas en áreas tropicales y semiáridas. En México y en parte de Centroamérica (el principal centro de diversidad), se distribuyen la mayor parte de las especies y subespecies reconocidas hasta el momento y sólo *L. trichodes* se presenta en Sudamérica.

Las especies de nuestro país son: *L. collinsii* Britton & Rose, *L. confertiflora* S. Zárate, *L. cuspidata* Standley, *L. diversifolia* (Schltdl.) Benth., *L. esculenta* (Sessé & Moc. Ex DC.) Benth., *L. greggii* S. Watson, *L. involucrata* S. Zárate, *L. lanceolata* S. Watson, *L. leucocephala* (Lam.) de Wit., *L. macrophylla* Benth., *L. matudae* (S. Zárate) C.E. Hughes, *L. pallida* Britton & Rose, *L. pueblana* Britton & Rose, *L. pulverulenta* (Schltdl.) Benth. y *L. retusa* Benth., *L. shannonii* J.D. Smith y *L. trichandra* (Zucc.) Urban (Hughes, 1998).

4.5.2.2. Sistemática

El género *Leucaena* fue establecido por Bentham en 1842, con 4 especies, que antes se encontraban dentro del género *Acacia*. Mas tarde, en 1875, reconoció 9 especies. Sin embargo, Nathaniel Britton y Joseph Rose, James Brewbaker y Sergio Zárate han propuesto diferentes clasificaciones, dando lugar a 39 especies reconocidas (Casas, 1992).

Después de la revisión de Bentham, la exploración de campo durante los siguientes 50 años, condujo a la descripción de nuevas especies, pero culminó con las revisiones hechas por Standley en 1928 y Britton y Rose en el mismo año, llegando en total a 39 especies.

James Brewbaker y sus colegas de la Universidad de Hawaii, redujeron el número de especies reconocidas inicialmente a 10 y con una aceptación gradual de 6 especies adicionales.

Zárate (1982) trabajó inicialmente con *Leucaena* en Oaxaca, después continuó investigando ampliamente la taxonomía, etnobotánica y domesticación indígena de las especies mexicanas, concluyendo con una revisión global de las especies nacionales (Zárate, 1994).

Una nueva monografía taxonómica ha sido completada por Hughes (1998), ofreciendo la primera revisión taxonómica completa del género, desde la de Britton y Rose en 1928. Esta revisión reconoce 22 especies, con 4 taxa infraespecíficos y 2 híbridos nombrados.

4.5.2.3. Taxonomía

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit

Reino	Vegetal
División	Anthophyta
Clase	Dicotiledoneae
Familia	Leguminoseae
Subfamilia	Mimosoideae
Tribu	Mimoseae
Grupo	<i>Leucaena</i>
Género	<i>Leucaena</i>
Especie	<i>leucocephala</i>
Subespecie	<i>glabrata</i>
Nombre común	Guaje

4.5.2.4. Descripción Botánica

- * Forma: La especie está representada por arbustos y árboles de pequeño a mediano tamaño, variando de 3 - 8 m de altura (Casas, *op. cit.*). Tronco recto, ramas ascendentes, copa redondeada (Fig. 3).
- * Corteza: en la parte externa varía de lisa a ligeramente fisurada, en ramas jóvenes es suave, de coloración que varía de gris a café, el recorte toma un color rosado salmón, gris - café más oscuro y más áspero con fisuras verticales superficiales naranja - café mohoso, con abundantes lenticelas longitudinales suberificadas. En su interior es de color crema amarillento, cambiando a pardo rosado, fibrosa, amarga, tornándose rojo profundo en ramas más viejas y tronco. Madera: Albura de color crema amarillo, con rayos finos y parénquima vasicéntrico y aliforme. Ramas jóvenes: ligeramente fisuradas, moreno verdosas, glabras, con abundantes lenticelas morenas suberificadas.
- * Hojas: yemas agudas, de 2 mm de largo, cubiertas por varias estípulas, verdes, glabras; estípulas 2, de 2 mm de largo, lanceoladas, verdes, persistentes, intrapeciolares y unidas. Hojas dispuestas en espiral, bipinnadas, de 9 a 25 cm. de largo. Pinas (4-)6-9

pares; raquis pinular 5-10.2 cm de largo, foliolos 9.16(-21) mm de largo, 2 - 4.5 mm de ancho, sésiles, opuestos, 13 - 21 pares por pina, ligeramente asimétricas, lineales u oblongas a débilmente elípticas, agudas en la punta, redondeadas a obtusas en la base, glabras excepto en los márgenes (Brewbaker y Hutton, 1979).

- * Glándula de pecíolo: una sola glándula, 2 -3 x 1.2 - 1.5 mm, verde o amarillo verde, no sésil, elíptica, cóncava, en forma de taza.
- * Flores: en cabezuelas solitarias o en pares, axilares, a veces formando una inflorescencia terminal ramificada, pedúnculos de 2 a 3 cm de largo, glabros (Casas, *op. cit.*). Cabezas de flor: 12-21 mm de diámetro, 100 - 180 flores por cabeza, en grupos de 2-6 en axilas de hojas surgiendo en tallos en crecimiento activo, las hojas desarrollándose simultáneamente con las flores; las flores blancas o blanco-crema pálido, flores perfumadas, actinomorfas, caliz y pétalos verdes, 10 estambres (Zárate, 1994). Polen:mónadas tricolporadas.
- * Fruto: vaina dehiscente, (9-)11-19 cm de largo, (13-)15-21 mm de ancho, (3-)5-20(-45) por cabeza de flor, lineales - oblongas, agudas o redondeadas en el ápice, planas, con 8 - 18 semillas, de color café claro a naranja, glabras y ligeramente lustrosas o densamente cubiertas por pelusa blanco aterciopelado, parecidas a papel, abriendo a lo largo de ambos márgenes.
- * Semillas: 6.7-9.6 mm de largo, 4-6.3 mm de ancho, 15,000 - 20,000 semillas por kilogramo. Las semillas se encuentran característicamente dispuestas en forma transversal en las vainas; son casi planas, ligeramente biconvexas; de contorno oval a orbicular, siempre apiculadas hacia el extremo del micrópilo, tienen aspecto seroso y color que va de amarillento a rojizo oscuro, brillantes, con una línea ligeramente más oscura en forma de herradura. Presentan testa dura y entre ésta y los cotiledones, se encuentra el endospermo, como una capa de albúmen mucilaginoso, con germinación epígea (Casas, *op. cit.*).

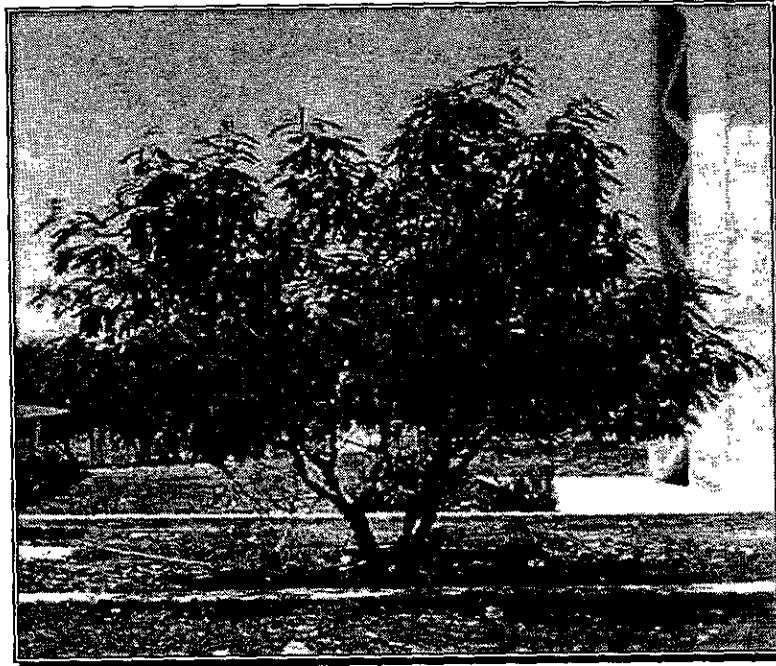


Fig. 3. Imagen de un individuo adulto de Guaje

4.5.2.5. Fenología

El guaje se encuentra esencialmente en zonas tropicales, en donde las oscilaciones térmicas varían entre 25 - 30°C, lo cual favorece un crecimiento óptimo de la planta, sin embargo se ha observado que es poco tolerante al frío, lo que da lugar a un crecimiento significativamente reducido durante los meses fríos de invierno en áreas subtropicales. Cuando llega el invierno, comienzan a perder sus hojas, pero conforme se acerca la época lluviosa comienzan a aparecer los rebrotes.

La floración se inicia hacia el mes de marzo y abril aunque puede prolongarse por más tiempo si las condiciones de humedad lo permite. Los primeros frutos maduros se pueden observar desde el mes de julio y la fructificación se puede prolongar hasta noviembre (Zárate, *op. cit.*).

4.5.2.6. Reproducción

La reproducción es sexual, es decir, por medio de la semilla. Se ha encontrado que un kg puede contener entre 15 000 hasta 20 000 semillas, valores que dependen de las condiciones de humedad en donde se desarrolla.

El tiempo de maduración varía de 90 a 280 días del florecimiento hasta tener vainas maduras, además se ha observado que la viabilidad se mantiene alta aún durante períodos

que van más allá de los 5 años en almacenamiento. Tiene flores muy pequeñas de color blanco, usualmente se autopolinizan, en cuanto a las vainas, son traslúcidas cuando son inmaduras, de color verde y se van oscureciendo y endureciendo cuando alcanzan la madurez, se abren a lo largo de ambos bordes y pueden contener de 8 a 18 semillas por vaina. Se ha observado que la reproducción a partir de cortes o injertos no ha funcionado, ya que es difícil su mantenimiento. En cuanto a la dispersión de las semillas, es zóofila y se ha encontrado que la mayoría de las veces es endozoica.

4.5.2.7. Genética

Existe aún mucha confusión en la denominación de los organismos de esta especie, ya que existen muchas variedades diferentes en tamaño y forma. Existen cerca de 100 variedades, que han sido clasificadas en 3 tipos: tipo Hawaiano, tipo Salvador y tipo Perú. En cuanto al número básico cromosómico de esta especie es de 13, $n = 52$ y $2n = 104$.

Algunos autores consideran que las especies del género se caracterizan por presentar entrecruzamiento y autoincompatibilidad, aunque esta última se presenta únicamente en los taxa poliploides, como en *Leucaena leucocephala* subsp. *glabrata*, además de que la autofecundación se encuentra ligada al número cromosómico, como ocurre con otras leguminosas (Casas, *op. cit.*).

La cruzabilidad entre 15 de las 22 especies ha sido investigada en un programa de cruzamiento manual, comprendiendo más de 50,000 polinizaciones, lo cual ha demostrado que las especies de este género se hibridizan fácilmente como otros géneros leñosos. 91 (77%) de las posibles 120 combinaciones interespecíficas de las 15 especies probadas, produjeron semillas viables. Esto parece indicar que las especies han evolucionado con aislamiento geográfico una de otra, con escasas barreras genéticas para la hibridación.

Los híbridos pueden agruparse por tipo de apareamiento específico de ploidie, como diploide, tetraploide o triploide. Los índices promedio de cruzabilidad (semillas viables de polinización cruzada comparado con autopolinizaciones intraespecíficas o compatibles expresadas en porcentaje) son los más altos en tetraploides (73%) y bajos en diploides (32%) y triploides (12%) para apareamientos. Dada esta razón, las 3 especies conocidas tetraploides, *L. leucocephala*, *L. diversifolia* y *L. pallida*, que son completamente interfértiles, han sido consideradas el conjunto genético primario para mejora y han sido el principal enfoque en trabajos sobre hibridación artificial (Hughes, 1998).

4.5.2.8. Ecología

Está distribuida en zonas con gran diversidad de climas, en particular, donde se presentan diferencias en cuanto a la variación en la cantidad de lluvia, duración e intensidad de la estación seca y tipo de suelo. Esencialmente es una especie con afinidad tropical que requiere temperaturas altas (25-30°C) para su óptimo crecimiento, con poca tolerancia al

frío y crecimiento significativamente reducido durante los fríos meses de invierno en áreas subtropicales.

Se encuentra en áreas de 1500 a 2500 msnm y 15° - 25° al norte y sur del ecuador; sin embargo, puede ser encontrada en regiones con precipitaciones de 250 mm, puede resistir períodos de sequía superiores a 8 meses y déficit hídrico anual de hasta 870 mm. Se desprende de sus hojas aun con heladas ligeras, aunque los árboles frecuentemente rebrotan el siguiente verano. Crece bien en climas subhúmedos o húmedos (650 - 3000 mm) con estaciones moderadamente secas hasta de 6 - 7 meses (Hughes, *op. cit.*).

Se sabe que es intolerante a suelos con bajo pH, fósforo, calcio, alta salinidad, alta saturación de aluminio y saturación hídrica. Tolera parcialmente suelos salinos, desarrollándose en suelos bien drenados con pH variando entre 5.5 y 8.5. Requiere calcio, fósforo, azufre, zinc, boro y molibdeno para un buen desarrollo. Se desarrolla en suelos ricos y profundos hasta los pedregosos y erosionados.

El sistema radicular desarrolla simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan hasta 400 kg/ha/año de nitrógeno y también se llegan a presentar asociaciones con hongos, dando lugar a la formación de micorrizas. En la alimentación animal, tanto los frutos (semillas), follaje y ramas delgadas verdes o faenadas, son utilizadas en la dieta de bovinos, caprinos, porcinos y otros animales domésticos. La cantidad de proteína bruta en las hojas es de 1.6%, cuando es suministrada por encima del 20-30% del total de la dieta del animal, puede causar problemas, dada la presencia de mimosina, el cual es un aminoácido aromático ácido, localizado en la fracción soluble de la planta.

Algunos experimentos han demostrado que tiene efectos alelopáticos sobre otras plantas, además de que se reporta que este compuesto actúa como un mecanismo de defensa contra las plagas de insectos (Brewbaker y Hutton, *op. cit.*).

En cuanto a la predación, sobresale la susceptibilidad que presenta al defoliador sílido *Heteropsylla cubana*, chupador de savia, que daña principalmente a los brotes en desarrollo y follaje joven, causando mortalidad parcial del árbol. En las zonas nativas de México y Centroamérica, sus semillas son depredadas por 7 especies de brúquidos de 2 géneros, *Stator* y *Acanthoselides*. Aunque las 2 especies de *Stator* son omnívoros que se alimentan de una gran variedad de géneros de leguminosas Mimosoides, las 5 especies de *Acanthoselides* se alimentan exclusivamente del género y no han sido registradas en ningún otro género de planta huésped (Casas, *op. cit.*).

4.5.2.9. Origen y Diversificación

El guaje está colocado en la tribu Mimoseae de la subfamilia Mimosoideae de la familia Leguminosae. Se considera que es originaria de América Central, distribuyéndose desde Texas hasta Perú. Inicialmente, Bentham en 1846 incluía otro género, *Schleinitzia*, dentro

del Grupo *Leucaena*, las diferencias entre ambos géneros estriban en la presencia de pequeñas glándulas estipitadas en las anteras y sus vainas no dehiscentes (abriendo solo a lo largo de los márgenes), frecuentemente con alas. Los parientes más cercanos al género, son *Desmanthus*, *Scleinitzia*, *Calliandropsis*, *Alantsiloendron*, *Gagnebina*, *Dichrostachys*, *Neptunia* y *Kanaloa* (Hughes, *op. cit.*).

Cuando se considera más amplio rango de géneros, el análisis cladístico confirma el status de *Leucaena* como género distinto respaldado por dos atributos compartidos, superficie de polen suave, finamente perforado, sin ornamentación y anteras velludas.

Por otra parte, el esclarecimiento de las relaciones filogenéticas con base en cruza interespecíficas aún no ha sido posible, sin embargo, se considera que la *Leucaena diversifolia* es un complejo ancestral en la evolución de muchas especies del género y probablemente se trata de uno de los padres (junto con *L. shannonii*) de *L. leucocephala*.

4.5.2.10. Distribución Geográfica

El género presenta una amplia distribución, desde zonas áridas y semiáridas hasta el trópico húmedo. Desde el nivel del mar, hasta por arriba de los 2000 msnm. Se puede encontrar desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina y Perú. Crece en diversos países de América Central y del Sur, ha sido introducida en las islas del Caribe, Hawaii, Australia, India, Indonesia, Malasia, Papua Nueva Guinea y otros países del sudoeste de Asia y Africa. Esta diversidad de hábitats tiene una íntima relación con la considerable variabilidad intra e interespecífica en los taxa silvestres, aunada a la variabilidad generada por el hombre (Brewbaker y Hutton, *op. cit.*).

Particularmente, *L. leucocephala* subsp. *glabrata* se encuentra distribuida dentro de los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Tepic, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tamaulipas, Nuevo León, Veracruz, San Luis Potosí, Coahuila, Hidalgo, Puebla, Estado de México, Morelos y Tabasco (Zárate, 1982).

4.5.2.11. Importancia: Ecológica y Antropocéntrica

Gracias a la asociación benéfica que se establece entre el guaje y bacterias del género *Rhizobium*, es posible modificar algunas propiedades del suelo donde se establece, estas bacterias penetran en las raicillas jóvenes y se multiplican para formar nódulos en la superficie de la raíz y son capaces de absorber grandes cantidades de gas nitrógeno del aire que hay en el suelo, transformándolo en compuestos orgánicos e inorgánicos que contienen nitrógeno. Este proceso, que convierte el nitrógeno gaseoso no aprovechable en compuestos que pueden ser utilizados por las leguminosas para formar proteínas, se conoce como "fijación de nitrógeno". Suele tener nódulos grandes y prolíficos y requiere muy poco o ningún fertilizante de nitrógeno porque las bacterias le ofrecen compuestos nitrogenados en cantidad suficiente para un crecimiento normal. Esto le permite prosperar

en algunos suelos en los que el nivel de nitrógeno es insuficiente para mantener el crecimiento de la mayoría de otros cultivos.

Los beneficios que se presentan en las propiedades físico - químicas del suelo en donde se desarrolla son: a) que se incrementa el contenido de nitrógeno y de materia orgánica (humus), b) el proceso de descomposición de materiales es rápido, además de que se modifica la textura de la superficie del suelo, c) en suelos arcillosos, descompone o descompacta el suelo desde la capa de la superficie hasta las profundas, d) incrementa la absorción de agua, e) reduce la pérdida de humedad por evaporación en el trópico seco, f) provee una cobertura vegetal que protege la superficie del suelo de elementos como el sol, lluvia y vientos, g) reduce la pérdida del suelo y disminuye el proceso de erosión, h) las raíces absorben minerales, como el fósforo y potasio de las capas del suelo más profundas, los cuales pueden ser incorporados a la planta, i) el follaje puede ser empleado como abono verde, gracias a las modificaciones de las propiedades del suelo, aumenta la aireación, retención de agua y capacidad de intercambio catiónico (Hughes, *op. cit.*).

Por otra parte, su uso como forraje, tanto de frutos, follaje y ramas jóvenes delgadas, es usualmente indicado para el ganado vacuno, porcino y caprino, dado que es apetitoso, digestible y nutritivo. La tolerancia que tienen la planta a la sequía y su resistencia hacen que ofrezca grandes posibilidades para aumentar la disponibilidad de carne y leche en los trópicos secos (Brewbaker y Hutton, *op. cit.*). La cantidad de proteína bruta en las hojas varía de 15 a 25.9%, de Calcio 2.36%, Fósforo 0.23%, nitrógeno 4.2%, Beta- caroteno 536 mg/Kg, Taninos 10.15 mg/g. Particularmente, el contenido proteico que posee es de alta calidad nutricional, los aminoácidos que están presentes, se encuentran en proporciones balanceadas, mucho mejor que la alfalfa. Además de que es una fuente rica en carotenos y vitaminas. La digestibilidad del follaje es similar a otras leguminosas, varía de 50 - 70%.

En cuanto a su madera, tiene buenas posibilidades para convertirse en una fuente de pulpa y papel, maderos redondos (palos y postes), materiales de construcción, como leña y para hacer carbón vegetal. El tipo Salvador es una variedad que posee características deseables para ser utilizado en la producción de madera: tiene rápido crecimiento, se adapta a suelos pobres, sequía, tormentas con vientos y tienen una capacidad alta de fijación de nitrógeno. La madera tiene una densidad excepcionalmente alta y gran valor calórico si se tiene en cuenta que es un árbol de rápido crecimiento y debido a que los tocones de la planta vuelven a crecer con facilidad (matorral) es posible utilizar una misma planta en varias ocasiones; dadas estas condiciones podría convertirse en un combustible renovable en las zonas que satisfagan sus requisitos agronómicos.

En relación a su capacidad para medrar en las laderas inclinadas, en suelos marginales y en zonas con estaciones secas prolongadas hace que ofrezca muy buenas posibilidades para restablecer la flora de las cuencas hidráulicas, laderas y prados que han sido privados de ella a causa del desmonte, tala o incendios.

Sus vainas y semillas son de gran importancia, dado que son un alimento importante en varias zonas del país, en donde no solo rebasa los mercados regionales, sino que se comercializa a otros estados en donde no tienen un abasto suficiente. Particularmente, el nombre de Oaxaca (5to. lugar en superficie) se deriva de la palabra precolombina "uaxin", que significa "el lugar en que crece la leucaena (guaje)" (Zárate, 1982).

Otros usos son la obtención de productos como adornos hechos con semillas imitando cuentas, además de tintes extraídos de las vainas, hojas y corteza. Por otra parte, el follaje se emplea para dar sombra a cultivos como el café, cacao y quino, para protegerlos contra la excesiva luz solar. Se ha utilizado también para establecer estructuras que corten el viento y como planta ornamental que da sombra. Además, la planta puede ser importante para modificar los métodos de cultivo y evitar los que agoten la tierra, pues, al mejorar la fertilidad del suelo, puede reducir el tiempo de barbecho necesario entre dos plantaciones (Brewbaker y Hutton, *op. cit.*).

4.5.2.12. Conservación

Es ampliamente aceptado que la conservación de recursos genéticos de especies de plantas económicamente importantes y sus parientes cercanos ofrecen seguridad para su futura utilización y mejoramiento genético. En este género, con sus múltiples usos y gran cruzabilidad interespecífica, se considera generalmente que comprende el conjunto genético potencial disponible para uso y mejora genética.

Se han llevado a cabo colecciones de semillas en 3 unidades de investigación importantes: Organización de Investigación Científica y Industrial del Commonwealth, Australia (CSIRO), Hawaii y Instituto Forestal de Oxford, Reino Unido (OFI), dirigidas a almacenaje a corto o mediano plazo. Se encuentran guardadas bajo condiciones de temperatura (4°C) y humedad bajas. Es importante señalar que la colección del Laboratorio Nacional de Almacenaje de Semilla (NSSL) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, incluye 140 accesiones de *Leucaena*, 125 de las cuales son de *Leucaena leucocephala*.

En tanto el Banco de Semillas del Jardín Botánico Real de Kew en Reino Unido, incluye un número pequeño (36) de accesiones, representando 16 de las 22 especies de *Leucaena*. Colecciones más pequeñas están representadas en otros almacenes de largo plazo, como la Oficina Nacional de Recursos Genéticos de Plantas, Nueva Delhi, India y el almacén a largo plazo de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica (Hughes, *op. cit.*).

En cuanto a las colecciones vivientes, no están precisamente dirigidas a la conservación genética a largo plazo, dada la inseguridad de apoyo financiero permanente para su mantenimiento.

Dentro de las recomendaciones específicas para la conservación genética de *Leucaena* son:

* Establecer nuevas áreas protegidas para contribuir a la conservación *in situ* de algunas de las especies raras, como *L. matudae* y *L. peublana*.

* Las semillas de las especies más raras y amenazadas necesitan agregarse a las colecciones de semillas de conservación *ex situ* en almacenaje a largo plazo.

4.5.2.13. Revisión Temática del Género

En cuanto a trabajos realizados sobre distribución, ecología, germinación, cultivo y propagación del guaje, se tienen los siguientes:

Gray (*op. cit.*) evaluó tratamientos con agua caliente a semillas de *L. glauca*; Gray (1968) realizó una revisión de las investigaciones de esta especie; Alvarez y Bagaloyos (*op. cit.*) estudiaron la germinación de sus semillas tratadas con agua a diferentes temperaturas y tiempos de inmersión; National Academy of Sciences (1977) llevó a cabo un reporte en donde aborda aspectos como importancia ecológica y antropocéntrica, recomendaciones y nuevas líneas de investigación; Zárate y Sousa (1978) estudiaron su variación geográfica en México; Arellano (1979) realizó una compilación bibliográfica; Pérez (1979) evaluó sus usos y potencial; Brewbaker e Ito (1980) estudiaron la taxonomía del género; Lasso y Meléndez (*op. cit.*) evaluaron el efecto de la escarificación sobre sus semillas; Hu y Chih-Cheng (1981) realizaron su propagación vegetativa mediante cortes de hoja; Johnson (1981) estudió las semillas hospederas específicas de los escarabajos y la sistemática de las leguminosas; Barreto y Yakovlev (1982) llevaron a cabo la revisión del género en Cuba; Kuo y cols. (1982) estableció su potencial alelopático; Zárate (*op. cit.*) estudió las especies en Oaxaca con notas sobre su sistemática para México; Bristow (1983) evaluó su propagación por estacas; Becker *et al* (*op. cit.*) establecieron su composición bromatológica; Bray (1984) evaluó su potencial de hibridación y su potencial forrajero; Mazari (1984) estudió su respuesta morfogénica *in vitro*; Murakoshi *et al* (1984) realizó la purificación y caracterización de la L-mimosintetasa; Oakes (1984) realizó la escarificación y germinación de sus semillas; Zárate (1987) estudió su identidad taxonómica con nuevas combinaciones; Brewbaker (1987) revisó las especies del género; Glumac *et al* (1987) compararon su tolerancia al frío y producción de biomasa; Foroughbakhch (*op. cit.*) trató a sus semillas y su influencia en la germinación; Foroughbakhch y Hauad (1989) estudiaron su potencial forrajero en respuesta a diferentes espaciamientos; más tarde, (1990) evaluaron su respuesta a condiciones climáticas extremas del noreste de México; Robles (1990) estudió sus usos en el oriente del Estado de México; Hawkins y Ochoa (1991) evaluó el efecto de pretratamientos a sus semillas; Casas (1992) nombra su etnobotánica y procesos de domesticación; Enriquez (1992) la utilizó en la alimentación de pollos en engorda; Hughes (1993) publicó la colección y sinopsis de sus semillas; Harris *et al* (1994a) estudió su filogenia y determinaron su diversidad genética (1994b); Sharma *et al* (1994) evaluó la dormición de sus semillas en relación con la madurez de sus vainas; Zárate (*op. cit.*) llevó a cabo una revisión sobre el

género en México; Gómez (1995) realizó un estudio etnobotánico en Xochipala, Guerrero; Osman (1995) propuso nuevos métodos de propagación vegetativa bajo condiciones de laboratorio; Palomino *et al* (1995) estudiaron su número cromosómico y contenido de DNA; Hughes (1996) estableció las especies de gorgojos que atacan a sus semillas; Hughes y Johnson (1996) establecieron nuevos registros de hospederos de Bruchidae en México, América Central y Sudamérica; Hughes (1997) delimitó especies, nuevas taxa y combinaciones; Rodríguez *et al* (*op. cit.*) llevaron a cabo un estudio sobre su morfología, ultraestructura y germinación en Marín, N.L.; Zárate (1997) estudió su domesticación y cultivo en México; Hughes (1998) realizó una extensa revisión sobre sistemática, etnobotánica, híbridos, domesticación, conservación, identificación de especies, entre otros.

4.5.3. *Mimosa depauperata* Benth (SHASNI)

4.5.3.1. Género *Mimosa*

Dentro de este género se agrupan cerca 500 especies, el 90% de las cuales son americanas y el resto se encuentra en África, Asia y Australia (Grether *et al*, 1996). Recientemente, Barneby (1991) estimó que existen aproximadamente 480 especies, de las cuales 461 son nativas de América; el mayor número de especies se presenta en los Trópicos a altitudes bajas y medias y unas cuantas especies se extienden hacia el norte, en zonas templadas de los E.U. y hacia el sur, en regiones templadas de Argentina.

En México, comprende 102 especies, lo que representa el 20% del total del género, ocupando el segundo lugar de riqueza específica después de Brasil, considerado como el centro principal de distribución de este género (Elias, 1981).

4.5.3.2. Sistemática

El género pertenece a la familia Leguminosae y se ubica dentro de la subfamilia Mimosoideae, en la Tribu Mimoseae. *Mimosa* fue creada en 1753 por Linneo, quien ubicó todas las mimosoideas conocidas por él dentro de este género. Más tarde, el género fue subdividido por Willdenow en 1806 en 5 géneros: *Inga*, *Mimosa*, *Schrankia*, *Desmanthus* y *Acacia*. Posteriormente, Poiret en 1810 redujo la mayoría de los géneros establecidos por Willdenow a subgéneros de *Mimosa*, mientras que Desfontaines unió estos géneros en *Acacia*.

Por otra parte, Bentham hacia 1875 estableció el género *Mimosa* en dos secciones: a) Sección *Mimosa*, se caracteriza por presentar estambres en igual número que lóbulos de la corola (flores haplostémonas) y b) Sección *Habbasia*, caracterizada por tener el doble de estambres que de lóbulos de la corola (flores diplostémonas) (Elias, *op. cit.*).

4.5.3.3. Taxonomía

Mimosa depauperata Benth. (SHASNI)

Reino	Vegetal
División	Anthophyta
Clase	Dicotiledoneae
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Mimosoideae
Tribu	Mimoseae
Sección	Batocaulon
Serie	Boreales
Género	<i>Mimosa</i>
Especie	<i>depauperata</i>
Nombre Común	Shasni

4.5.3.4. Descripción Botánica

- * Forma: se observan arbustos erectos, aunque son comunes los arbustos rastreros o decumbentes. Puede alcanzar hasta los 2 m, encontrando desde 40 cm de altura, pero abarcando una mayor área considerando su cobertura, que puede alcanzar mas de 1.5 m (Fig 4).
- * Tallo: siempre es ramificado, en ocasiones ascendente, mas comúnmente se observan los tallos rastreando el suelo, las ramas generalmente son aguijonosas, dado que están armadas con aguijones infraestipulares rectos.
- * Hojas: son biparipinnadas, posee estípulas pequeñas presentando formas diversas (Barneby, *op. cit.*).
- * Flores: se agrupan en espigas de longitud variable (0.5 - 0.8 cm), pediceladas, tanto las espigas como las cabezuelas son muy numerosas, con las flores un poco separadas ente sí. El pedúnculo es inerte, con una capa setosa muy fina que lo recubre. Cada flor de la cabezuela o de la espiga está sustentada por una bráctea, formada por la inserción de la flor sobre el receptáculo, que puede variar en forma, tamaño, nervación y márgenes. Las brácteas tienen funciones protectoras, sobre todo en las primeras etapas del desarrollo de las flores.
- * Cáliz: siempre gamosépalo, con 4 - 5 lóbulos valvados, campanulado u oblicuamente campanulado, el margen es liso, ciliado, escasamente setoso, con puntos resinosos. La corola es también gamopétala, con 4 - 5 lóbulos valcados, varían de color blanco a rosado o púrpúreo, al menos en los lóbulos.
El androceo está constituido por estambres con filamentos libres o en algunos casos, fusionados en la base, de color blanco o rosado a lila. En el género *Mimosa*, las flores son haplostémonas, con estambres tan numerosos como los lóbulos de la corola. El gineceo en *Mimosa* está constituido por un ovario unicarpelar, unilocular, típico de las Leguminosae, un estilo filiforme y un estigma.

- * Fruto: la legumbre tiene diversas formas, se encuentran lineares, lanceoladas, oblongas o elípticas, puede ser recta o curva. Las valvas se encuentran generalmente en segmentos transversales o artejos, cada uno de ellos envolviendo una semilla. Las valvas y el margen presentan diversos tipos de indumento, el margen puede ser aguijonoso, setoso o inerme y el ápice agudo, apiculado, rostrado u obtuso. La vaina puede alcanzar a medir hasta 5 cm de largo por 0.7 de ancho.
- * Semillas: las de *M. depauperata* son elípticas u oblongas, la testa es lisa y brillante de color pardo - rojizo o negro. La línea fisural en forma de herradura está bien definida y es conspicua en ambas caras, variando en tamaño respecto a la longitud de la semilla, la cual tiene 3 mm de diámetro, 2 mm de ancho y 3 mm de largo.



Fig 4. Imagen de un individuo adulto de Shasni

4.5.3.5. Fenología

La información fenológica de especies del género *Mimosa* es muy escasa. Los únicos antecedentes que se tienen, son el resultado de las observaciones periódicas a lo largo de 3 años, llevadas a cabo por Grether (1982a) para determinar la época de foliación, floración y fructificación de *Mimosa biuncifera* Benth. y *M. monancistra* Benth. en la Cuenca Alta del río La Laja, Guanajuato.

Además del trabajo realizado por Grether y Camargo (1993) para *M. bahamensis*, en localidades de la península de Yucatán, en el cual se determinó la fenología y la dispersión de esta especie.

En el caso de *M. depauperata*, de acuerdo a observaciones de campo, es una especie caducifolia, que empieza su foliación hacia finales de mayo y principios de junio, durante los cuales es posible encontrar brotes en las plantas.

El buen desarrollo del follaje depende directamente de la humedad del suelo, ya que aún si llueve y el agua escurre y no se mantiene húmedo el sustrato, se retrasa o no se presenta la foliación en muchos organismos. Las hojas que alcanzan a madurar, empiezan caer en octubre y es frecuente observar las ramas sin follaje en los meses de diciembre y enero.

La floración se inicia a finales de mayo y principios de junio, durante este mes y el de junio, esta especie se encuentra en plena floración, las flores son de color lila a morado, que se encuentran dispuestas en grandes panículas de cabezuelas, el período de floración termina a finales de agosto. La fructificación se inicia a partir del mes de julio y para los meses de agosto y septiembre es posible encontrar abundantes vainas maduras. Aunque se debe mencionar, que dentro de la misma localidad, la fenología de esta especie varía, dada las condiciones microambientales (humedad del suelo y temperatura).

La dispersión de los frutos y semillas, se lleva a cabo de manera natural, por medio del viento, aunque también pueden intervenir los animales o incluso el hombre.

4.5.3.6. Reproducción

La forma en que se reproduce *M. depauperata* es por semilla, se ha encontrado que un kg de semilla contiene 74,000 semillas.

Se sabe que en el género *Mimosa*, la germinación es fanerocotilar, es decir, los cotiledones emergen de la semilla, por lo que presenta cotiledones faneroépigeos y foliares, cuya función principal es la fotosíntesis.

4.5.3.7. Genética

El número cromosómico $X=13$ deriva de un descendiente aneuploide con un número base de $x=14$. Evidencias citológicas muestran que es necesario reorganizar la evolución de las Mimosoideae. Godblatt (cit. en Barneby, 1991) comenta que las leguminosas tienen un número base de $x=7$ con $x=14$ establecido inicialmente en su historia evolutiva.

El número $x=13$ es común en todas las leguminosas mimosoideas, las cuales aparentemente derivaron de un número base tetraploide de $x=14$. Los géneros señalados por Goldbatt que poseen $x=14$ son miembros de las Tribus Mimosoideae, Mimoseae y Adrenantheraceae, en tanto que Parkiidae, Acacieae e Ingeae tienen $x=13$.

4.5.3.8. Ecología

Hasta el momento, no existen trabajos que establezcan las relaciones del género *Mimosa* dentro de su hábitat con otras especies, sin embargo, se considera que son especies invasoras, dado que tienen alta potencialidad para crecer en áreas altamente perturbadas, la gran producción de semillas por individuo se ve favorecida por el tipo de dispersión que se puede presentar, dado que puede ser por el viento (anemocoria) o por los animales (zoocoria), esta última puede ser interna (endozoica) cuando el animal ingiere los frutos depositando posteriormente la semilla con las heces o externa (exozóica) en la que, en especial, *Mimosa* ha desarrollado espinas ganchudas en las vainas que pueden facilitar su transporte a otras áreas.

Por otra parte, se ha observado que las vainas y semillas son susceptibles a daños por insectos que depositan sus huevecillos y desarrollan sus larvas en las semillas, provocando una disminución en la cantidad y calidad de estas; dentro de los que sobresalen los gorgojos y los ácaros. Durante el almacenamiento de las semillas en condiciones húmedas, son susceptibles a infección de hongos *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* y *Fusarium*.

El género tiene una amplia distribución en la República Mexicana, encontrándose en diversas condiciones ecológicas, tanto en zonas áridas y semiáridas como en regiones templadas y cálidas húmedas. Particularmente, *Mimosa depauperata* se ha reportado como componente del Matorral Crasicale, Matorral de *Prosopis laevigata* y Matorral espinoso de *Fouquieria splendens* dentro de los tipos de vegetación del Valle del Mezquital (González, 1968), además de que también se le ha reportado como parte de la flora de la Sierra de Pachuca (Barrios y Medina, 1996).

Crece sobre suelos de texturas arenosas, aunque puede presentarse en algunos suelos francos y arcillosos, estos son de ligero a moderadamente alcalinos y varían de pobres a moderadamente ricos en materia orgánica.

En los suelos de origen aluvial no es muy abundante, pero tanto en los lomeríos con suelos someros y pedregosos poco profundos, su abundancia se incrementa notablemente, en donde crece aún en áreas fuertemente erosionadas, con grandes cárcavas y afloramientos de la roca madre. También se desarrolla en suelos bien drenados sobre laderas de colinas de origen ígneo y pendientes pronunciadas.

4.5.3.9. Origen y Diversificación

Dentro de las Mimosoideae, la Tribu Mimoseae se considera como el grupo más antiguo existente, mientras que las Acacieae y las Ingeae presentan mayor grado de especialización y su evolución es más reciente. El género comprende alrededor de 500 spp, el 90% de las cuales son de origen americano y el resto se encuentra en África, Asia y Australia. El mayor número de especies nativas de América se presenta en los trópicos a altitudes bajas

y medias y unas cuantas especies se extienden hacia el norte, en zonas templadas de los E.U.A y hacia el sur, en regiones templadas de Argentina.

En México, comprende 102 especies, lo que representa 20% del total, ocupando el segundo lugar en riqueza específica después de Brasil, que es considerado como el centro principal de distribución de este género. Cabe señalar que 60 especies de las que se encuentran dentro de nuestro país son endémicas.

Tiene un origen monofilético y es primitivo. Las variaciones que se han ido presentando en los organismos a nivel morfológico son muy diferentes, por ejemplo, las formas primitivas son leñosas y las más recientes son herbáceas; las inflorescencias eran axilares, flores espicadas y todas hermafroditas, ahora son paniculadas, flores capitadas; el androceo era diplostemono, los filamentos libres y ahora es haplostemono con filamentos monodelfos, en tanto, el polen era largo, compuesto por varias tetrádas y ahora es una simple y pequeña tetrada, entre otras características (Barneby, *op. cit.*).

Se cree que tuvo su origen en un clima húmedo y probablemente en un bosque tropical húmedo, la radiación del género a la sabana y comunidades desérticas responde a un desarrollo secundario, además de las modificaciones en la forma de crecimiento y armamentos.

4.5.3.10. Distribución Geográfica

El género se distribuye en diversas condiciones ecológicas, tanto en zonas áridas y semiáridas como en regiones templadas y cálido-húmedas.

En particular, shasni se distribuye dentro de las zonas árida y semiárida de nuestro país, y algunos autores la reportan como componente de algún tipo de vegetación de dichas zonas, en particular, en el Valle del Mezquital (González, *op. cit.*) y la Sierra de Pachuca (Barrios y Medina, *op. cit.*).

4.5.3.11. Importancia Ecológica y Antropocéntrica

Dentro de los recursos vegetales de gran importancia ecológica, se encuentran las leguminosas, en particular, shasni es una especie endémica para nuestro país, que además tiene la potencialidad de desarrollarse en zonas profundamente alteradas y que con el tiempo, permita la recuperación de la fertilidad del suelo, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales y el reestablecimiento de al menos parte de la flora y fauna nativas que aún sobrevive en algunos sitios.

Juega un papel primordial en los sistemas agrosilvopastoriles, dado que su sistema radicular desarrolla simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, que le confiere la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico; además funciona como abono verde ya que altera

favorablemente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, por el aumento en la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos y el incremento de materia orgánica.

La utilización de shasni dentro del Valle del Mezquital se basa principalmente en enriquecimiento y mejoramiento del suelo, control de la erosión, producción de energía y uso medicinal. En tanto, el uso forrajero se basa en el consumo de frutos y ramas delgadas, principalmente para el ganado caprino.

4.5.3.12. Conservación

El desconocimiento que se tiene actualmente de shasni en aspectos ecológicos y de su biología, repercuten directamente en la ausencia de un manejo de sus poblaciones naturales para algún uso de interés antrópico.

Sin embargo, gracias a que es una especie con alto grado de agresividad o capacidad colonizadora de áreas perturbadas y a que, generalmente en zonas bajo condiciones microclimáticas y edáficas favorables, produce grandes cantidades de semillas, no se encuentra amenazada por las actividades del hombre.

Pero, aún con ello, es necesario llevar estudios tendientes al conocer parámetros ecológicos generales para, posteriormente llegar a su aprovechamiento ulterior, permitiendo su crecimiento y propagación en áreas conservadas.

4.5.3.13. Revisión Temática del Género

González (1968) cita a *M. depauperata* en el Valle del Mezquital, formando parte del Matorral de *Prosopis*, Matorral Crasicuale y Matorral de *Fouquieria splendens*; Grether (1974) realizó un estudio ecológico de *M. biuncifera* y *M. monancistra* en la Cuenca Alta del Río La Laja, Gto.; Nava (1974) realizó estudios sobre la ecofisiologías de la germinación de leguminosas; Grether (1978) realiza una revisión general del género en México; Elias (1981) revisaron la nomenclatura y las especies presentes en la Tribu Mimoseae; Grether (1981), describió una nueva especie en el Estado de Oaxaca; González (1982) determinó una especie del sudoeste de Tamaulipas; Grether (1982a) estudió a *M. biuncifera* y *M. monancistra* en el noroeste de Guanajuato; Grether (1982b) publicó aspectos ecológicos de *M. albida* en México; Parra (1984) estudió la morfología externa de plántulas de leguminosas; Grether (1987) revisó la taxonomía y nomenclatura del género *Mimosa*; Grether y Barneby (1987) describieron a *M. nanchititlana* para el Estado de México; Chehaibar (1988) estudió la taxonomía de la Serie Xantiae y especies afines del género *Mimosa*; Grether (1988) determina una especie para el Estado de Guerrero; Chavéz (1989) llevó a cabo un análisis fitoquímico y detección de principios antimicrobianos en extractos de *M. tenuiflora*; Domínguez y Sánchez (1989) evaluaron el comportamiento inicial de *M. scabrella* en 2 municipios de la región central de Veracruz; Lozoya *et al* (1989) evaluaron experimentalmente a *M. tenuiflora* para determinar la

presencia de antimicrobianos; Rodríguez (1989) evaluó el potencial alergénico del extracto de la corteza de *Mimosa tenuiflora* sobre células intraperitoneales de la rata albina *Rattus norvegicus* y neutrófilos humanos; Chehaibar y Grether (1990) estudiaron la anatomía de la madera de algunas especies del género; Grether (1990) realiza la descripción de 2 nuevas especies para el Estado de Oaxaca; Meckes *et al* (1990a) evaluaron las propiedades in vitro de algunos extractos de *M. tenuiflora*; Meckes *et al* (1990b) estudiaron el efecto producido por la fracción de alcaloides de *M. tenuiflora* sobre el reflejo peristáltico del íleon del cobayo; Petrilli (1990) evaluó a *M. scabrella* en asociación con café utilizando 4 densidades de siembra;

Barneby (*op. cit.*) realiza una revisión del género en el Nuevo Mundo; Castillo y Martínez (1991) realizaron un estudio bacteriológico en pacientes quemados tratados con tepescohuite; Creager (1992) evaluó la germinación de semillas y el control físico y químico de *M. pigra* var. *pigra*; Martínez (*op. cit.*) realizó un trabajo sobre la propagación sexual del tepescohuite mediante escarificación a la semilla; Grether y Camargo (*op. cit.*) evalúan la presencia de *M. bahamensis* dentro de la península de Yucatán; González (1994) estudió la distribución, morfología y fenología de 5 especies del género; Chipole (1995) trató a las semillas con testa impermeable; Camargo *et al* (1995a) estudiaron 4 especies oportunistas que se distribuyen dentro de México; Camargo *et al* (1995b) evaluaron la germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *M. tenuiflora*; Fraile *et al* (1995) evaluaron la morfología de plántulas, ciclo anual y las implicaciones taxonómicas en 4 especies del género; Grether *et al* (1995) reportan avances en el estudio taxonómico del género; Martínez *et al* (1995) estudiaron la morfología de los granos de polen del género (Leguminosae) presentes en Puebla; Barrios y Medina (1996) estudiaron la flora de la Sierra de Pachuca, dentro de la cual se cita la presencia de shasni; Domínguez (1996) evaluó el crecimiento de *M. scabrella* en 2 municipios de la región central de Veracruz; Fraile *et al* (1996) realizaron un estudio biosistemático de 6 especies del género; Grether *et al* (1996) publicaron las especies presentes en México; Grether y Martínez (1996) determinan la presencia de una nueva especie en el Estado de México; Camargo (1997) estudió aspectos de la biología del tepescohuite; Camargo y Barrios (*op. cit.*) publicaron los usos medicinales de *M. albida* en México; Grether (1997) realizó la revisión taxonómica del género en Mesoamérica.

4.6. Normas para análisis y ensayos de semillas

El manejo de semillas requiere cubrir una serie de normas que regulen los análisis y ensayos de éstas, que permitan su interpretación, comparación y certificación internacional. La institución que actualmente dicta las normas internacionales de certificación, es la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA), cuyos objetivos son la formulación de normas para su manejo y conservación, la promoción de la investigación y la cooperación con organismos internacionales para mejorar la calidad de las semillas, como USDA, AOSA, IBPGR, INPSU y Departamento de Agricultura de EU y la metodología de la ISTA es aplicada dentro de nuestro país para la regulación y certificación de semillas (Besnier, 1989).

V. AREA DE ESTUDIO

5.1. Medio Físico y Geográfico

5.1.1. Ubicación Geográfica

El Dexthi se encuentra dentro de la zona denominada Alto Mezquital, dentro del municipio de Ixmiquilpan, la cual representa una de las principales regiones geográficas del estado de Hidalgo. Se ubica geográficamente entre los 20°33' y 20°35' de Latitud Norte y 99°14' y 99°15' Longitud Oeste, a una altitud mínima de 1800 y una máxima de 2800 msnm (López y Muñoz, 1997b). De acuerdo a la regionalización ecológica, se encuentra dentro del Sistema Eco geográfico Cardonal-Dexthi (Fig 5).

5.1.2. Fisiografía

Esta área forma parte de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico y de la vertiente occidental de la Sierra Madre Oriental, bordeada por diversas elevaciones. La parte de la planicie es ligeramente ondulada y con un declive no muy pronunciado, que es en donde se realiza la agricultura de temporal.

Hacia el lado oeste se encuentra una formación de diversas serranías, las cuales se encuentran dominando el lugar. Están constituidas por una serie de geoformas plegadas, con pendientes pronunciadas, entre las que sobresalen: declives, barrancas, mesas y lomeríos (Salazar, 1994).

5.1.3. Geología

La geología del lugar, revela la presencia de rocas calizas del Cretácico Inferior, tobas ácidas extrusivas del Terciario Superior y areniscas y conglomerados del mismo período, además de aluviones Cuaternarios (Salazar, *op. cit.*).

5.1.4. Edafología

López y Muñoz (1987, 1997a) identifican los suelos del lugar como jóvenes y poco desarrollados, reconociendo las siguientes unidades de suelo: feozem calcárico, háplico y vértico distribuidos sobre las planicies y derivados de sedimentos ígneos y calizos; fluvisoles calcáricos asociados a ríos y arroyos y de textura variable; regosoles calcáricos ubicados en laderas y lomeríos con texturas medias y gruesas; litosoles ubicados en zonas de media y alta montañosa en donde las pendientes son fuertes y rendzinas distribuidas sobre lomeríos y cerros calizos.

5.1.5. Hidrología

La mayoría de las formaciones de ríos son intermitentes, los cuales abastecen los canales de riego (sólo áreas de riego), en las que carecen de ellos, sólo en ocasiones se llegan a formar pequeños riachuelos en la época de lluvia (coeficiente de escurrimiento superficial 0-20%), incorporándose estos al río principal Tula.

La zona pertenece a la Región Hidrológica 26 (Cuenca del Pánuco) y a la subcuenca del Río Tula.

5.1.6. Clima

De acuerdo al sistema Köppen, modificado por García (1973) el clima predominante en la región es BS ohw'' (w)(e)g, que representa un clima semiseco estepario y cálido (BSh), con temperaturas mayores a los 18°C, con el mes más seco en invierno y el más caliente antes del solsticio de verano. La temperatura media anual oscila entre 16-18°C, la oscilación térmica fluctúa entre a 4 y 5°C.

La precipitación es pobre, entre los 400 y 500 mm anuales, con un régimen de lluvias en verano. En los meses más calurosos se encuentran temperaturas de hasta 36°C y en los más fríos hasta -2°C. El período seco va de junio a septiembre con un periodo interestival en julio y agosto (López y Muñoz, 1997a).

5.1.7. Vegetación

Dentro de los tipos de vegetación predominante se encuentran los Matorrales Xerófilos de Crasicaules, (donde dominan *Myrtillocactus geometrizans* y *Opuntia streptacantha*); Matorrales Espinosos de *Prosopis laevigata* y *Mimosa biuncifera*, además de Matorrales Espinosos Deciduos de *Fouquieria splendens* y *Echinocactus ingens* (López y Muñoz, *op. cit.*).

5.2. Perfil Histórico-Cultural

5.2.1. Antecedentes Históricos

El área otomí fue diferenciada culturalmente por los españoles en "otomíes montaraces", correspondientes a la parte norte (Valle del Mezquital y estado de Querétaro) que tenían elementos de los cazadores-recolectores del norte y los "otomíes mansos" del sur, que participaban de la cultura mesoamericana, con una base agrícola sedentaria (Arroyo, 1995; INI, 1982, 1994).

Resulta difícil esclarecer con precisión el pasado prehispánico del grupo otomí del Valle del Mezquital. Sin embargo, se ha establecido que a la disolución de la influencia tolteca,

por el siglo XII, los grupos otomianos que formaban parte de su estructura social se diseminaron por presión de los chichimecas de Xólotl, dirigiéndose muchos de ellos hacia el sur y al occidente.

5.2.2. Toponimia

El nombre del municipio al que pertenece la localidad de "El Dexthi" es Ixmiquilpan, su nombre deriva de las raíces náhuas; iztli navaja o pedernal, tierra cultivada, quelitl, quelite y pan, "tierra con pedernales afilados y cultivados del quelite".

Su nombre antiguo fue Itzmiquitl y era capital de los pueblos otomíes, algunos le llamaron zecteccani (verdolaga en otomí). Sus habitantes se unieron a los náhuas y se extendieron por todo lo que hoy conocemos como Valle del Mezquital. El significado de "El Dexthi", los pobladores del lugar hacen referencia a que se le denomina así al mezquite tierno.

5.2.3. Demografía

El total de habitantes ubicados en el municipio de Ixmiquilpan es de 65,934 hasta 1990, el cual constituye el 3.5% de la población total del Estado de Hidalgo.

5.2.4. Lengua

El término otomí, para algunos autores deriva del nahua y significa "cazadores que llevan flechas", para otros proviene de un antepasado mítico: Oton u Otomitl y para otros quiere decir "pueblo sin residencia", del otomí otho, no poseer nada y mi, establecerse. Los otomíes se denominan a sí mismos ñahñus o sea "quienes hablan la lengua nativa" (Scheffer, 1988).

El otomí es una de las lenguas más antiguas de México, se encuentra dentro del grupo otomangue, tronco otopame, familia otomí, mazahua. Existen varios dialectos que tienen entre sí diferencias fonológicas, gramaticales y léxicas, hechos que no impiden la comunicación entre sus hablantes (Arroyo, 1995).

5.2.5. Indumentaria

El vestido tradicional femenino consiste en una falda o enredo amplio de lana cuyo color es negro, con líneas verdes, naranja y amarillas. Una blusa de manta o popelina de color, de manga corta con bordados, cuyos motivos pueden ser fitomorfos, zoomorfos, geométricos o combinados, bordados que también se utilizan en el cuello y una faja ancha de algodón, con las puntas tejidas.

Se acostumbra también el quexquémitl de algodón, lana o artisela, blanco o de diversos colores, decorados por lo general con motivos geométricos. Actualmente, muchas mujeres llevan vestidos adquiridos en los comercios, delantal y rebozo.

La indumentaria masculina corresponde a la del campesino de la región, usándose como elementos característicos, un jorongo de lana, algodón o fibra de ixtle de color oscuro y el sombrero (Scheffer, 1988).

5.2.6. Vivienda

En las tierras áridas, como en el caso de "El Dexthi", algunas casas se construyen con pencas de maguey, las cuales se usan tanto para las paredes como para el techo, aunque puede ser construida también con piedra. El techo es generalmente de dos aguas o liso.

Se debe señalar que en la actualidad, las casas de block o tabique son más numerosas. De hecho, las que se encuentran en el centro del poblado son prácticamente de block. El mobiliario consta de ollas y comales de barro, utensilios de madera como cucharas, bancos y cajones para guardar la ropa. Para dormir se utilizan el petate y camas de tablas.

5.2.7. Artesanías

Predominan los textiles, que comprenden todas las partes de la indumentaria femenina, así como jorongos y sarapes en el hombre. Son particularmente decorativas las faldas, las blusas y los quexquémitl en Ixmiquilpan. Se producen además, artículos de ixtle, madera y cuero, juguetes diversos.

5.2.8. Economía

En la mayor parte del área, las tierras son más o menos pobres, de temporal y la parcela muy reducida. Los cultivos principales son el maíz, frijol, haba, girasol y calabaza. Sin embargo, en esta zona, puede decirse que su economía se sustenta en la talla de la fibra de ixtle de *Agave lecheguilla* y además existen dos asociaciones que realizan actividades económicas como la fabricación de champú de lechuguilla, órgano, sábila y sangre de grado; elaboración de implementos de fibra natural y ganadería extensiva.

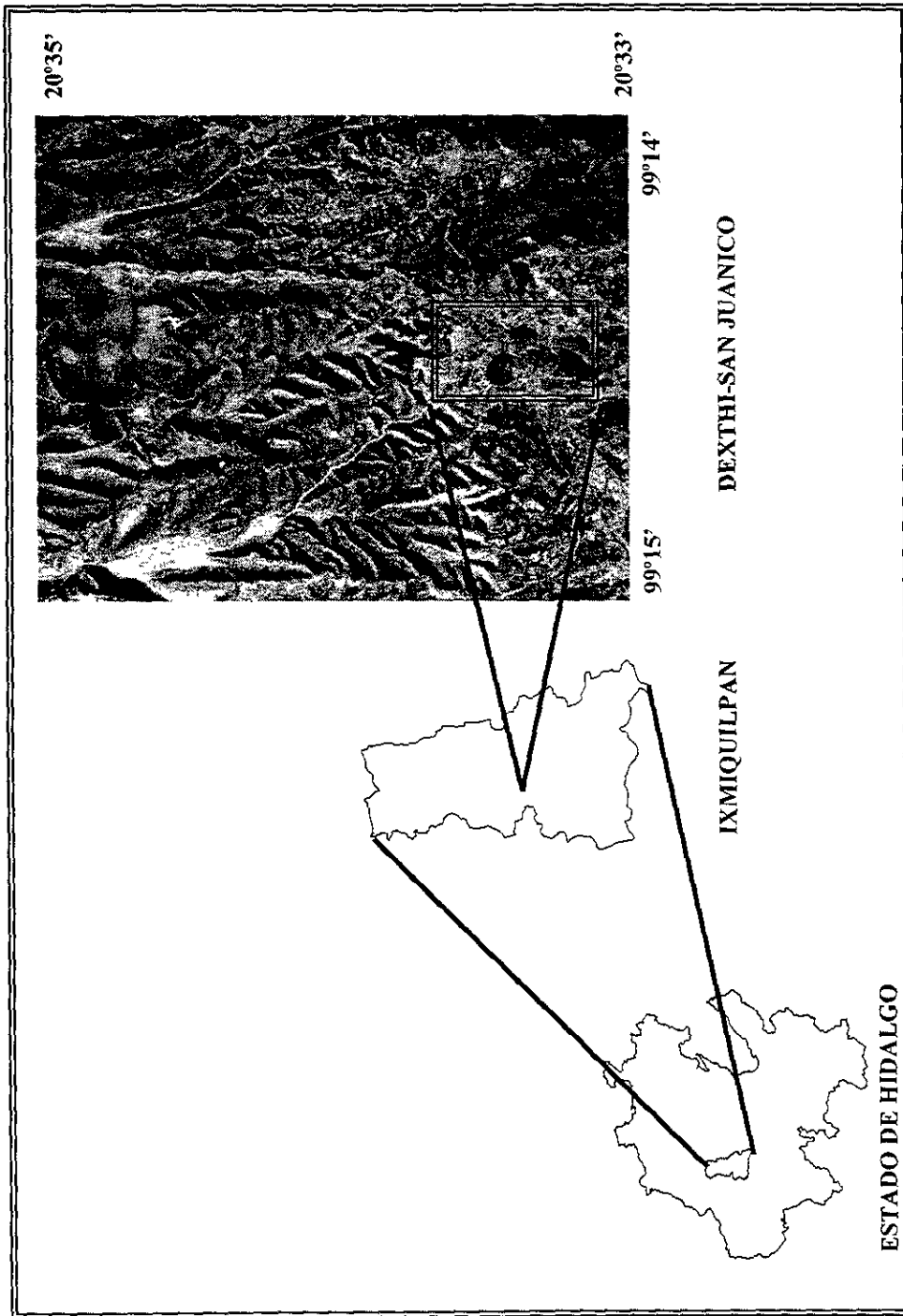


Fig 5. Ubicación de la zona de estudio y área de influencia del centro piloto Dexthi - San Juanico

VI. METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Edafología, de la Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO) y en el Invernadero de la ENEP-I, así como en la comunidad "El Dexthi-San Juanico". La elección de las 3 especies se realizó con base en un estudio preliminar acerca de la flora útil de la zona de estudio (Alvarado, *op. cit.*) en el cual se destaca su importancia etnobotánica y ecológica para la comunidad.

Para cubrir los objetivos planteados en la investigación se realizaron varias etapas y actividades que se explican a continuación:

6.1. Etapa de Gabinete 1

* Inicialmente, se llevó a cabo una revisión bibliográfica acerca del tema, específicamente aspectos taxonómicos, genéticos, fenología, reproducción, origen, distribución, etnobotánica y conservación de las especies seleccionadas, flora útil del Valle del Mezquital y descripción de las condiciones socio-ambientales de la zona de trabajo, empleando materiales como: cartografía temática como: mapas de vegetación, topografía, clima, edafología, hidrología y geología y fotografías aéreas.

* Para elaborar la sugerencia de métodos de control para el gorgojo que ataca a las semillas de las especies seleccionadas, se revisó bibliografía especializada (Arnett, 1973 y Johnson, 1983a; Southgate, 1983).

6.2. Etapa de Campo 1

* Selección de las plantas madres para la obtención de semillas: la elección de la fuente de la semilla se realizó considerando el fenotipo del árbol o arbusto, altura y que se encontrara libre de plagas e insectos (Ffolliet, *op. cit.*; Garcidueñas, 1978 y Patiño y cols., 1983).

* Colecta de ejemplares de Herbario: se colectaron ejemplares con flor de mezquite, shasni y guaje y se herborizaron siguiendo los métodos tradicionales de herbario (Lot y Chiang, 1986).

* Colecta de germoplasma: la colecta se hizo manualmente, cortando las vainas de las ramas o recogiénolas del suelo. El mezquite y shasni se colectaron en su hábitat natural, durante los meses de julio y agosto de 1997, mientras que el guaje se colectó de los árboles que están en el DIF de la comunidad, durante los meses de octubre, noviembre del mismo año y enero de 1998. El material colectado se mantuvo en bolsas de plástico y costales hasta su traslado al Laboratorio.

* **Beneficio de la semilla:** en el mezquite, la vaina se fragmentó en pequeños segmentos, se retiró el pericarpio y mesocarpio y se obtuvo la pepita o endocarpio, para retirar éste último, se utilizaron unas pinzas y/o tijeras para romperlo y obtener la semilla sin ningún daño. En el caso del shasni y del guaje, las vainas se colocaron en un recipiente cada una, los cuales se agitaron para facilitar la apertura de las vainas y la posterior liberación de las semillas, estas se separaron, se guardaron en frascos y se mantuvieron en refrigeración a 4° C.

6.3. Etapa de Laboratorio 1

Esta etapa se llevó a cabo con el propósito de definir los parámetros necesarios requeridos para el manejo y conservación de las semillas.

* **Análisis de Semillas:** se procedió a efectuar el análisis de acuerdo a las normas internacionales aprobadas por la Asociación Internacional para Ensayos de Semillas (I.S.T.A., *op. cit.*; Moreno, 1984; Villagómez, *op. cit.*; Villagomez y cols., 1979), las cuales son:

* La toma de muestras se hizo al azar.

* **Análisis de pureza:** la determinación se efectuó separando la muestra en 3 componentes:

- Semillas puras (semillas que corresponden a la especie determinada por el ensayo de laboratorio), en este grupo se incluyeron también las semillas arrugadas o mal formadas, que fueron guardadas en recipientes separados; además se eliminaron fragmentos de semillas rotas, mayores a la mitad de la misma y semillas enfermas.

- Semillas de otras especies y

- Materia inerte.

Cada uno de estos componentes se expresó en % por peso de la muestra, obtenido a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Peso \%} = \frac{\text{peso del componente}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

* **Determinación del peso de la semilla (# de semillas/unidad de peso):** Se contaron 10 submuestras de 100 semillas cada una y se pesaron, de la media que se obtuvo del peso de las 1000 semillas se calculó en forma directa el número de semillas por kilogramo.

* **Análisis de viabilidad:** con esta prueba se determina la capacidad germinativa de un lote de semillas en un tiempo mínimo. Para cada especie se emplearon 10 semillas. Inicialmente, se hizo el corte de la testa y se extrajo el embrión junto con el endospermo.

Posteriormente, se realizó el ensayo bioquímico, mediante la tinción de los embriones con sales de tetrazolium (pH 7.0), se mantuvieron a 30°C durante 24 h, para que se llevara a cabo la reacción. Después, se observaron las semillas en un microscopio estereoscópico y se calculó el % de semillas viables, de acuerdo a la coloración que presentaban, según Moreno (*op. cit.*).

* Análisis de Germinación: con el fin de encontrar el tratamiento más eficiente que rompiera la latencia y acelerara la germinación de las semillas, se realizaron experimentos, a través de digestión ácida, alcalina y agua, como se muestra en el Cuadro 1. La elección de los tiempos de inmersión para cada tratamiento se basó en estudios preliminares (Jiménez, 1998) y en los reportes de la literatura.

TRATAMIENTO	MEZQUITE	GUAJE	SHASNI
TESTIGO	*	*	*
H ₂ SO ₄ 5'	*	-	*
H ₂ SO ₄ 10'	*	*	*
H ₂ SO ₄ 20'	-	*	-
NaOH 5'	*	*	*
NaOH 10'	*	*	*
AGUA 50°/30'	*	-	-
AGUA 70°/20'	*	-	-
AGUA 100°/3'	-	-	*
AGUA 100°/5'	-	*	*
AGUA 100°/10'	-	*	-

Cuadro 1. Tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas de las especies seleccionadas

* tratamiento aplicado - no se aplicó

* Diseño Experimental: en cada uno de los tratamientos se hicieron 3 repeticiones, empleando un diseño completamente al azar. La unidad experimental consistió en 1 caja de petri con 20 semillas, en total se emplearon 3 cajas y 60 semillas para cada tratamiento. Las semillas previamente tratadas se colocaron en cajas de petri (63 en total), empleando como sustrato papel filtro húmedo. Los tratamientos se mantuvieron a temperatura ambiente del Laboratorio de Edafología.

* Evaluaciones: la toma de datos se llevo a cabo un día posterior a la siembra y la duración de la prueba fue de 2 semanas; al final, se evaluaron los tratamientos empleados.

* Parámetros de Respuesta: se evaluaron el % de germinación, número de días en el que se alcanza el máximo % de germinación, velocidad germinativa e índice de Maguire (1962), adicionalmente, se calcularon el % de semillas duras y el % de semillas muertas para cada especie.

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{ns \times 100}{Ns}$$

ns= Núm. de semillas germinadas
Ns= Total de semillas sembradas

Número de días en que se alcanza el máximo % de germinación = Número de días que transcurren después de la siembra hasta alcanzar el pico máximo de germinación.

$$\text{Velocidad germinativa} = \% \text{ germinación final} / \text{día}$$

$$\text{Índice de Maguire} \quad MG = (G1/T1 + G2/T2 \dots + Gi/Ti) \times 100 / M$$

MG = Valor de Emergencia o Índice de Maguire

Gi = Emergencia sencilla en la evaluación número " i "

Ti = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación " i "

M = Cantidad de semillas sembradas

* Análisis Estadístico: con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de una vía para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos y pruebas de comparación de medias por la diferencia mínima significativa (González y Orozco, 1996; Morales y Camacho, 1985; Ochoa, 1994; Parraguire y Camacho, 1992; Steel y Torrie, 1992). Se empleó la Hoja de Cálculo de Microsoft Excel, Versión 7 para Windows 95.

* Determinación de organismos que afectan a las semillas del mezquite, shasni y guaje, por medio de observaciones macro y microscópicas. Para la identificación de las especies se utilizaron claves especializadas (Arnett, *op. cit.*; Johnson, 1983a; Southgate, *op. cit.*) así como la consulta a especialistas.

6.4. Etapa en Invernadero

* Después de la germinación de las semillas, se trasplantaron en bolsas negras forestales de 1 kg, de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro, y se hicieron de 3 a 4 orificios en la parte inferior, estas bolsas tenían tierra de cultivo de la zona de estudio; se practicaron riegos ligeros cada 3 días y deshierbe. Las plántulas se mantuvieron en condiciones de invernadero.

6.5. Etapa de Campo 2

* Después de conocer el mejor tratamiento a las semillas de las 3 especies, se sometió una muestra de cada especie a dicho tratamiento, el número de semillas tratadas se observa en el Cuadro 2, con la finalidad de evaluar diferentes sustratos que facilitaran y favorezcan la emergencia de las plántulas en menor tiempo en condiciones de campo, validando el tratamiento óptimo obtenido en el laboratorio.

ESPECIE	NÚM. SEMILLAS
MEZQUITE	2400
GUAJE	800
SHASNI	800

Cuadro 2. Tratamientos óptimos aplicados a las semillas de las especies seleccionadas

* Obtención (colecta) del sustrato: se eligieron los sitios de colecta en función del sustrato a utilizar, y aquellos materiales que la gente emplea para sus labores agrícolas, en total fueron 10: tierra de cultivo, tierra de cultivo + hormigasa, tierra de cultivo + composta, lama jay, lama jay + hormigasa, lama jay + composta, lama jay arenosa, lama jay arenosa + hormigasa, lama jay arenosa + composta, hormigasa y composta, se colectaron 4 costales de 50 kg para cada tipo de sustrato y se trasladaron al centro experimental.

En el caso de la composta, se utilizó material obtenido a partir de dispositivos creados para este fin , con diferentes periodos de descomposición, fluctuantes entre 6 y 8 meses.

* Preparación del sustrato: la preparación y las proporciones de materiales empleados como sustratos se realizó en función de los diferentes tratamientos a evaluar, tal como se aprecia en el Cuadro 3:

TRAT.	TIPO DE SUSTRATO	PROP.
1	Tierra de Cultivo	sola
2	Tierra de Cultivo + Hormigasa	4:1
3	Tierra de Cultivo + Composta	4:1
4	Lama Jay *	sola
5	Lama Jay + Hormigasa + Arena *	3:1:1
6	Lama Jay + Composta + Arena *	3:1:1
7	Lama Jay Arenosa **	sola
8	Lama Jay Arenosa + Hormigasa **	4:1
9	Lama Jay + Composta **	4:1
10	Hormigasa	sola
11	Composta	sola

Cuadro 3. Tipos de sustrato y proporciones a emplear en la evaluación de la emergencia de las especies investigadas

* Sólo se empleó en mezquite ** Se empleo en guaje y shasni

Las proporciones sugeridas de los diferentes sustratos son similares a las propuestas por Moreno (*op. cit.*).

* Almacigado: se utilizaron 24 cajas de madera para el mezquite y 16 para el guaje y shasni (8c/u) como camas almacigueras, se llenaron con el sustrato húmedo y se procedió a la distribución homogénea de semillas en surcos, colocándose a una profundidad de 2 cm de la superficie. Al final de la siembra se les roció fungicida con un aspersor a cada uno de los almácigos. Mantenimiento: se practicaron riegos ligeros cada 3 días y deshierbe.

* Preparación del sustrato para el trasplante: se colectaron 500 kg de tierra de cultivo, 100 kg de arena y 150 kg de materia orgánica (50 kg de composta, 50 kg de hormigasa y 50 kg de estiércol), y se utilizó una proporción de 20:1:1, se revolvió y humedeció el sustrato y después se colocó 1.5 kg aproximadamente de la mezcla en bolsas forestales de 1 kg, de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro, y se hicieron de 3 a 4 orificios en la parte inferior.

* Trasplante: se hizo manualmente, empleando plántulas con raíz desnuda. El trasplante se llevó a cabo en función de la uniformidad en crecimiento y talla de las plántulas. Se aplicó riego cada tres días por aspersión, durante los primeros dos meses, posteriormente 1 vez por semana. Los organismos trasplantados se colocaron en una platabanda de 1x5 m.

* Diseño Experimental: en cada uno de los tratamientos se hicieron 3 repeticiones, en el caso del mezquite y 2 repeticiones para el caso de guaje y shasni; empleando un diseño completamente al azar.

Las semillas previamente tratadas se colocaron en las camas almacigueras (40), se emplearon 100 semillas para cada cama y 300 para cada tratamiento en el caso del mezquite y 50 para cada cama en el caso del guaje y shasni y en total 100 para cada tratamiento.

En mezquite, la Unidad Experimental consistió en una cama almaciguera con 100 semillas, mientras que para el guaje y shasni fue de una cama almaciguera con 50 semillas. Los tratamientos se mantuvieron en condiciones de campo, con variaciones de temperatura y humedad durante el día y la noche.

* Evaluaciones: la toma de datos se llevo a cabo un día posterior a la siembra y la duración de la prueba fue de 3 semanas; al final, se evaluaron los tratamientos empleados.

* Parámetros de Respuesta: se evaluaron el % de emergencia, número de días en el que se alcanza el máximo % de emergencia y velocidad germinativa, para cada especie.

% Emergencia = $ns \times 100 / Ns$

ns= Núm. de semillas germinadas

Ns= Total de semillas sembradas

Número de días en que se alcanza el máximo % de emergencia = Número de días que transcurren después de la siembra hasta alcanzar el pico máximo de emergencia

Velocidad germinativa = % Emergencia final / Núm. de días

* Análisis Estadístico: con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de una vía para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos y pruebas de comparación de medias por la diferencia mínima significativa (González y Orozco, *op. cit.*; Morales y Camacho, *op. cit.*; Ochoa, *op. cit.*; Parraguire y Camacho, *op. cit.*; Steel y Torrie, *op. cit.*). Se empleó la Hoja de Cálculo de Microsoft Excel, Versión 7 para Windows 95.

6.6. Etapa de Laboratorio 2

* Evaluación de propiedades físicas y químicas de los sustratos seleccionados: se tomó una muestra de 1 kg de cada sustrato empleado para determinar las siguientes propiedades:

PROPIEDADES	MÉTODO / TÉCNICA
Densidad Aparente	Método de la probeta de Baver (1963)
Densidad Real	Matraz aforado 25 ml y agua destilada
% Porosidad	Cálculo directo DA/DR
Calcio - Magnesio	Método volumétrico del versenato (Cheng y Bray, 1951; Cheng y Kurtz, 1960)
Sodio - Potasio	Método del espectrofotómetro de flama (U.S. Salinity Laboratory. Staff. 1954)
P ₂ O ₅	Método de Olsen (Olsen y cols., 1954)
pH	Potenciometro relación 1:25 suelo- agua destilada
Textura	Método del hidrómetro de Bouyoucos (1962)
CICT	Método volumétrico del versenato (Schollenberger y Simon, 1945)
% Materia Orgánica	Combustión húmeda, Método de Walkley and Black (1947)

Cuadro 4. Parámetros físico - químicos evaluados en cada uno de los sustratos seleccionados

* El análisis fisicoquímico se realizó en el Laboratorio de Edafología de la UBIPRO (ENEP Iztacala). Las determinaciones se llevaron a cabo siguiendo la metodología de Aguilera y Domínguez (1980). La interpretación de los resultados, se basó en la guía para interpretar el análisis químico del suelo y agua (Jackson, 1976; Vázquez y Bautista, 1993; Porta y cols., 1994).

6.7. Etapa de Gabinete 2

* Por último, se analizaron los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos planteados en este trabajo.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1. Análisis de calidad de las semillas

El Análisis de semillas empleado en este trabajo, se efectuó de acuerdo a las normas internacionales aprobadas por la Asociación Internacional para Ensayos de Semillas (ISTA, *op. cit.*; Villagómez *et al*, *op. cit.*), que consistió en la determinación de los siguientes parámetros: a) toma de muestras al azar, b) análisis de pureza, c) determinación del peso de las semillas, d) análisis de viabilidad, e) análisis de germinación, f) determinación de organismos que afectan a la semilla y g) evaluación de sustratos óptimos para la producción de plantas. A continuación se citan los resultados obtenidos en los aspectos arriba mencionados para las especies seleccionadas.

7.2. Caracterización de las condiciones de selección, conservación y almacenamiento de semillas

Para la elección del método más eficiente para almacenar y conservar las semillas de las leguminosas estudiadas, fue necesario retomar algunos aspectos sobre la fenología de las plantas, en particular, los períodos de floración y fructificación; ya que se ven influenciadas por factores intrínsecos de la planta -genéticos, fisiológicos- y extrínsecos -condiciones edáficas y climáticas- particularmente, estas últimas comprenden la temperatura, humedad y precipitación que se presentan en la zona de estudio, factores que repercuten directamente en el comportamiento fenológico de las plantas; a saber, el inicio de la etapa de floración (marzo, abril, mayo) coincide con la época en que se registran las temperaturas más altas de todo el año y la etapa de fructificación se inicia con la llegada de las primeras lluvias, a finales de mayo. En la época lluviosa es en donde se presenta una alta incidencia de insectos; particularmente los gorgojos, que son los que ocasionan la mayor infestación de las semillas de leguminosas, los cuales ovopositan sobre las vainas aún inmaduras; esto debe tomarse en consideración al coleccionar el material, porque estos pueden ocasionar la pérdida de las semillas o su propagación a otras que no estaban infestadas.

La diseminación de las vainas y las semillas inicia desde el mes de julio, para el mezquite y shasni; y en los meses de octubre y noviembre, en el guaje. Al final de su maduración es cuando las semillas entran en un estado de reposo o latencia, caracterizada por la disminución de la actividad metabólica, lo que significa una estrategia ecológica para resistir las condiciones de temperatura y humedad ambiental bajas e incluso las heladas que se presentan en los meses de diciembre y enero.

Así, permanecen en el suelo hasta el inicio de la siguiente época lluviosa, período que es aprovechado para reactivar el proceso metabólico que da inicio a la germinación. Estos procesos naturales influyen en la dispersión y germinación de las semillas, así como la

etapa de establecimiento de las plántulas. Estos eventos aportan la información necesaria para definir las condiciones óptimas de almacenamiento de las semillas bajo condiciones controladas en un medio artificial, lo que permite sugerir el mantenimiento en una cámara de refrigeración a 4°C, que garantiza una mayor duración de su viabilidad y disminuye su pérdida por la acción de los gorgojos.

Vázquez (1992) señala que durante el almacenamiento de las semillas a bajas temperaturas, no se afecta su actividad metabólica, gracias a que durante su desecación las células sufren una deshidratación que origina un rearrreglo de su estructura macromolecular, con lo cual se preserva la potencialidad de regenerar la estructura terciaria de las proteínas cuando las células se hidratan nuevamente.

7.3. Análisis de pureza, peso de la semilla y análisis de viabilidad

Los resultados del análisis se observan en el Cuadro 5, en el cual, se aprecia que las 3 especies no alcanzaron el 100% de pureza, ya que las muestras colectadas estaban mezcladas con fragmentos de vainas y pedacitos de hojas secas; sin embargo no se encontraron semillas de otras especies. No se hallaron reportes de este análisis para guaje y shasni. En particular, para el mezquite, el valor obtenido de 98% es similar al reportado por Arellano (*op. cit.*).

ESPECIE	PRUEBA %	PUREZA %	NÚM. DE SEM / KG	VIABILIDAD %
MEZQUITE		98	24,200	100
GUAJE		88	17,300	90
SHASNI		94	74,000	90

Cuadro 5. Análisis de pureza, número de semillas por kg y análisis de viabilidad de las especies estudiadas

En relación a los valores sobre el peso de las semillas; se observa que en mezquite se obtuvo 24,200, inferior al reportado por Foroughbakhch (1989), y superior a los de González (1992), Villanueva (1993), Arellano (*op. cit.*) y Morales (en prensa). En guaje se determinó un valor de 17,300, el cual es inferior al citado por Foroughbakhch (*op. cit.*) y Rodríguez *et al* (1997) y finalmente para shasni se obtuvo 74,000, la significancia del valor encontrado no se ha podido determinar dado que no existen reportes preliminares, lo más aproximado es el reporte de Martínez (1993) que trabajando con *M. tenuiflora* (de morfología similar a shasni) obtuvo un valor inferior al determinado en nuestro caso.

El valor obtenido para shasni es superior a las otras especies, lo que está directamente relacionado con el tamaño pequeño de sus semillas y a la elevada producción de éstas por individuo, lo que favorece la invasión de áreas abiertas con mayor facilidad que otras especies que producen semillas más grandes (Camargo, 1997). De hecho, se puede decir

que esta especie tiene un comportamiento muy parecido a las malezas, ya que con la llegada de las primeras lluvias, su proceso de germinación se reactiva muy rápidamente, lo que permite la invasión de áreas desprovistas de vegetación de forma más eficiente y más rápido, lo cual a mediano y largo plazo, favorece la protección y retención de la capa de suelo.

Las diferencias de peso se explican en función de: la época de colecta que se encuentra directamente relacionada con el grado de humedad o de desecación de la semilla. En segundo lugar, se encuentran las condiciones ecológicas particulares de cada zona donde se realizó la colecta, como es la temperatura, la humedad, la precipitación, disponibilidad de agua y nutrientes durante la fructificación, el estrés microclimático (hídrico o térmico) al que están sujetas las plantas. En tercer lugar, se encuentra el tiempo de procesamiento de las semillas, dado que los valores que se obtienen inmediatamente después de la colecta varían con respecto a los tomados después de cierto tiempo, como respuesta a las condiciones de almacenamiento practicadas y por último, el tamaño alcanzado por las semillas al llegar a la madurez entre individuos de la misma especie.

El análisis de viabilidad mostró un 100% en mezquite y un 90% para guaje y shasni. Los resultados del análisis obtenidos, permiten asegurar que las semillas colectadas son de buena calidad; indicadores de ello son la elevada producción de éstas, la viabilidad que pueden alcanzar y la longevidad potencial de las semillas en su hábitat natural.

7.4. Evaluación de la germinación

Los resultados de la germinación se analizan en dos fases, la primera que corresponde al procedimiento experimental, que comprendió diferentes pretratamientos, evaluando las siguientes variables de respuesta: porcentaje, velocidad, número de días en que se alcanza el máximo porcentaje de germinación, índice de Maguire, porcentaje de semillas viables y muertas. La segunda fase consistió en probar diferentes sustratos: *tierra de cultivo* sola, *lana jay* sola, y combinadas con *composta* y con *hormigasa* cada una, además de *composta* y *hormigasa* sola, tratando a las semillas con el mejor tratamiento pregerminativo y las variables evaluadas fueron: porcentaje, velocidad y número de días en que se alcanza el máximo porcentaje de emergencia. Los parámetros antes señalados se analizan a continuación para cada una de las especies seleccionadas.

7.4.1. Análisis de germinación en mezquite

Las pruebas de germinación se iniciaron con un tratamiento previo a las semillas, que fueron: digestión ácida, agua a diferentes temperaturas y digestión alcalina. Posteriormente, con la obtención del mejor tratamiento pregerminativo, se trató un lote de semillas para emplearlo en el análisis de sustratos en el campo.

7.4.1.1. Digestión ácida

En el Cuadro 6 se muestran los valores de las variables de respuesta en los diferentes tratamientos, en particular, se aprecia que el mejor fue el del ácido sulfúrico por 5 y 10 minutos con 100% de germinación; sin embargo, se observan diferencias comparando otras variables de respuesta, como número de días para alcanzar el máximo porcentaje de germinación, ya que en el tratamiento con ácido por 5 minutos, fue de 2 días, con una velocidad germinativa de 44.43%/día, sin tener remanentes de semillas viables ni muertas, con un índice de Maguire de 92.2, lo que indica una excelente calidad germinativa de esta especie. Estadísticamente, las diferencias con el testigo se observaron en el índice de Maguire, por ciento y número de días en que se alcanza el máximo porcentaje de germinación; no se observaron diferencias al comparar velocidades de germinación.

En tanto, el tratamiento con ácido sulfúrico por 10 minutos alcanzó el 100% de germinación al 2º día, con una velocidad germinativa de 83.33 %/día, siendo este valor el más alto con respecto al resto de los tratamiento y al obtenido en guaje y shasni y con un índice de Maguire de 99.16, el valor más alto con respecto a las especies estudiadas, lo cual refleja la óptima capacidad germinativa que posee esta especie con el tratamiento aplicado, además de que no se tuvieron semillas muertas. Se detectaron diferencias con el testigo en todos los parámetros evaluados.

Algunos autores reportan bajos porcentajes de germinación al emplear el ácido sulfúrico por lapsos mayores a 25 minutos (Brito, *op. cit.* y Martínez 1994), lo cual puede indicar que estos lapsos de tiempo pueden causar daños a la semilla, específicamente, disminución de su viabilidad; en cambio, con valores menores a 20 minutos se han reportado altos porcentajes germinativos (Foroughbakhch, *op. cit.*).

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se puede aseverar que el tratamiento con ácido sulfúrico por tiempos de inmersión de 5 a 10 minutos parece ser suficiente para romper la latencia de las semillas de mezquite y tener prácticamente el total de las semillas tratadas germinadas.

	% GERM.	NÚM. DE DÍAS	ÍNDICE MAGUIRE	VEL. DE GERM.	SEM. VIALES%	SEM. MUERTAS %
TESTIGO	30	13	3.06	2.21	60	10
H ₂ SO ₄ 5'	100	2	92.2	44.43	0	0
H ₂ SO ₄ 10'	100	1	99.16	83.33	0	0
NaOH 5'	18.33	13	14.73	1.35	76.66	5
NaOH 10'	26.66	13	1.87	1.93	66.66	6.66
H ₂ O 50°/30'	41.66	13	4.26	3.2	46.66	11.66
H ₂ O 70°/20'	80	12	10.91	6.76	11.66	8.33

Cuadro 6. Variables de respuesta observada en mezquite con la aplicación de diferentes tratamientos

7.4.1.2. Agua a diferentes temperaturas

En el Cuadro 6 se observa que la prueba con agua a 50° por 30 minutos, alcanzó un 41.66% al 13° día, con una velocidad germinativa de 3.2%/día, 46.66% de semillas viables y 11.66% de semillas muertas y un índice de Maguire de 4.25. No se detectaron diferencias estadísticas con el testigo.

Se observa un porcentaje bajo de semillas muertas, lo que sugiere que el tratamiento no fue tan severo sobre las semillas; sin embargo, la calidad germinativa resultó muy baja con este tratamiento.

En relación al tratamiento con agua a 70° por 20 minutos, se observó un 80% de germinación al 12° día, con una velocidad germinativa de 6.76%/día, con un 11.66% de semillas viables y 8.33% de semillas muertas y un índice de Maguire de 10.91. No se observaron diferencias estadísticas con el testigo. Algunos autores han obtenido bajos porcentajes de germinación al tratar las semillas con agua caliente por lapsos largos de tiempo como Foroughbakhch (*op. cit.*).

En cambio, Brito (*op. cit.*), Ramírez y Camacho (*op. cit.*), Arellano (*op. cit.*) y Martínez (*op. cit.*) han logrado altos porcentajes de germinación al someter a las semillas al agua caliente en lapsos de tiempo de 2 a 6 minutos como máximo, esto indica que el embrión puede resultar dañado si se somete a espacios largos de inmersión, lo cual disminuye su viabilidad y por lo tanto, su germinación.

7.4.1.3. Digestión alcalina

Los resultados se muestran en el mismo cuadro, el tratamiento de NaOH por 5 minutos alcanzó el 18.33% al 13° día, con una velocidad germinativa de 1.35%/día, con un 76.66 y un 5% de semillas viables y muertas, respectivamente e índice de Maguire de 14.73. No se observaron diferencias estadísticas con el testigo.

El tratamiento con NaOH por 10 minutos obtuvo un 26.66% de germinación al 13° día, con una velocidad germinativa de 1.93 %/día, teniendo un 66.66 y 6.66% de semillas viables y muertas, respectivamente; e índice de Maguire de 1.87, resultando este valor el más bajo de los tratamientos. Estadísticamente, no se detectaron diferencias con el testigo.

No se han reportado trabajos sobre tratamientos a las semillas de mezquite empleando NaOH y a juzgar por lo que se encontró en este trabajo, se observa que es necesario incrementar el tiempo de inmersión para facilitar la entrada de agua al interior de la semilla y con ello, incrementar los porcentajes de germinación.

En el testigo, se observó un 30 % de germinación, con una velocidad germinativa de 2.21 %/día, con un 60 y 10% de semillas viables y semillas muertas, respectivamente, y con un índice de Maguire de 3.06.

Valores similares para el testigo han sido reportados por Foroughbakhch (*op. cit.*), Ramírez y Camacho (*op. cit.*), en cambio, Arellano (*op. cit.*) reporta un alto porcentaje, cuando se ponen a germinar las semillas, antes de la maduración de la vaina, cuando ésta aún no se encuentra seca y la testa está blanda, lo cual permite la entrada de agua fácilmente y con ello la germinación.

Por otra parte, en la Figura 6 se observa la eficiencia del tratamiento con ácido sulfúrico por 5 y por 10 minutos y el del agua a 70° por 20 minutos con respecto al testigo, lo que sugiere la necesidad de aplicar algún tratamiento a la semilla para acelerar el proceso germinativo.

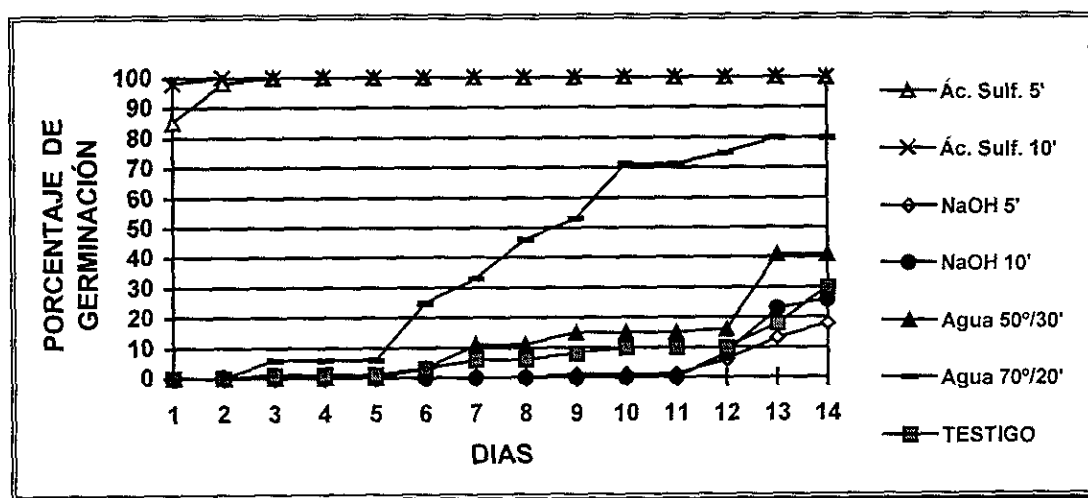


Fig 6. Porcentajes de germinación de mezquite

7.4.1.4. Evaluación de sustratos

Con la obtención del 100% de germinación con la digestión ácida, se trataron un total de 2,400 semillas para realizar la evaluación de sustratos. Los resultados se muestran en el Cuadro 7, donde se observa que el valor más elevado de emergencia se presentó en la *tierra de cultivo*, con un 85.66%, la evaluación de los parámetros físico - químicos se muestran en el Cuadro 11, en el cual se aprecia que la *tierra de cultivo* posee 1.76 de materia orgánica (moderadamente pobre), un pH de 8.14 y 48.33% de porosidad.

En la mezcla de la *tierra de cultivo* con la *hormigasa*, se observó un 69.66% de emergencia. La calidad de este sustrato presenta: un 2.4% de materia orgánica (medio), un pH de 7.67 y un 55.29% de porosidad (Cuadro 11). La disminución en el pH del sustrato se atribuye a que la *hormigasa* se encontraba en proceso de descomposición causada por la actividad microbiana.

En el caso de la *tierra de cultivo con composta* se alcanzó un 81.66% de emergencia; las características del sustrato obtenidas fueron: un 2.77% (moderadamente rico) de materia orgánica, un pH de 8.05 y 51.02% de porosidad (Cuadro 11), observándose que la composta incrementó el espacio poroso.

De acuerdo con los datos obtenidos, la adición de materia orgánica al suelo influyó en la emergencia y número de días para alcanzar el máximo porcentaje, las diferencias estadísticas así lo demuestran. Esto se relaciona con la capacidad del mezquite para crecer en suelos someros y pobres en materia orgánica y con pH de 7.3 a 7.6 (Villanueva, *op. cit.*).

En general, las propiedades físicas y químicas de estos sustratos que no variaron entre sí, fueron: textura, que fue franca, la CICT fue media (18.61 a 23.23 cmol (+) kg⁻¹), en cuanto al contenido de Potasio (2.05 a 5.8 cmol (+) kg⁻¹), Sodio (6 a 7.6 cmol (+) kg⁻¹), Calcio (23.31 a 34.42 cmol (+) kg⁻¹), valores altos y Magnesio (2.4 a 3.21 cmol (+) kg⁻¹) son bajos y en cuanto al fósforo aprovechable presenta valores muy altos (46 a 50 ppm) (Cuadro 11). Una posible explicación de los bajos porcentajes obtenidos en la emergencia y establecimiento del mezquite, se relaciona con la elevada concentración de calcio, el cual disminuye la movilización del fósforo del suelo hacia sus radículas; limitando el proceso de germinación, ya que en bajas concentraciones no se facilita el desplazamiento de las reservas del endospermo hacia el embrión, no hay formación de las moléculas energéticas que participan en el metabolismo celular, en la formación y proliferación de raíces (González, 1984).

En la *lama jay* sola se obtuvo un 37% de emergencia al 19° día, con una velocidad germinativa de 2.01 %/día, en relación con sus propiedades, se determinó un pH de 7.93 (ligeramente alcalino), 6.36% de materia orgánica (rico) y 55.14% de porosidad. En el sustrato de *lama jay* con *hormigasa*, se alcanzó 70% de emergencia al 17° día y 4.13%/día; con pH de 7.48 (neutro), 8.47% de materia orgánica (rico) y 62.44% de porosidad. En la *lama jay* con *composta*, se observó un 74.66% de emergencia al 18° día, con pH de 7.76 (ligeramente alcalino), 2.86% de materia orgánica (moderadamente rico) y 55.34% de porosidad (Cuadro 11).

Los resultados nos muestran la importancia de la agregación de la materia orgánica al sustrato, reflejada en los porcentajes de germinación obtenidos. Esto se atribuye a que la materia orgánica interviene en: la formación y estabilización de los agregados, adsorción e intercambio catiónico, suministro de energía y nutrientes, además de la capacidad de retención de agua (Porta *et al.*, 1994).

Por otra parte, estos sustratos presentaron una textura de franco arcillo limosa, que fue determinante en el comportamiento de la germinación y establecimiento del mezquite, ya que influyó en la formación de un encostramiento al humedecer los almácigos con agua, cuando se practicaron los riegos diarios, dicho encostramiento tuvo efectos directos en el

crecimiento de la planta, particularmente la obstrucción mecánica y daño a las raíces, causando la formación de torceduras debido a la baja penetrabilidad de las mismas; en tanto, los efectos sobre el suelo incluyeron una disminución en la tasa de percolación del agua, un aumento en el escurrimiento y la inhibición de la actividad microbiana. Además de que al efectuar el trasplante de las plántulas, fue necesario romper el almácigo, debido a la compactación y endurecimiento que presento.

¿ Como se inicia la formación del encostramiento ? cuando el agua cae en el suelo, se produce una desfloculación de los agregados, seguidos por la dispersión y orientación de las partículas de arcilla y la obstrucción de los poros al llevarse a cabo su penetración en el suelo, formándose de esta manera una capa compactada de una mayor densidad global; el secamiento externo y la fuerza de tensión superficial, causan una interacción y reorientación de las partículas dispersas, dando lugar a una contracción del suelo, el reacomodo de las partículas en la capa inmediata a la superficie puede producirse por aflojamiento y dispersión de agregados cuando al suelo es mojado hasta la saturación, como ocurre en el riego de superficie, durante la infiltración del agua se forma una zona compactada; la cual se vuelve dura al secarse. Esto afecta directamente a la emergencia y desarrollo de las plántulas, de hecho, se observaron algunas semillas germinadas pero con la radícula muerta por la falta de oxigenación, de agua y por el ahogamiento producido por la costra (González, *op. cit.*).

SUSTRATOS	PORCENTAJES DE EMERGENCIA	NÚM. DÍAS	VEL. DE GERM.
TIERRA DE CULTIVO	85.66	21	3.85
COMPOSTA	53	18	2.78
HORMIGASA	17.66	18	0.95
LAMA JAY	37	19	2.01
TIERRA DE CULTIVO + COMPOSTA	81.66	23	3.61
TIERRA DE CULTIVO + HORMIGASA	69.66	18	3.80
LAMA JAY + COMPOSTA	74.66	18	3.9
LAMA JAY + HORMIGASA	70.33	17	4.13

Cuadro 7. Porcentajes de emergencia de mezquite en diferentes sustratos

En la *composta* sola se alcanzó un 51.66%, los parámetros físicos y químicos que caracterizaron a este sustrato fueron: pH de 7.75 (ligeramente alcalino), 11.07% de materia orgánica (rico), con un 51.57% de porosidad, textura de franco arenosa, 39.62 cmol (+) kg⁻¹ en la CICT (alta), en Calcio se obtuvo 27.33 cmol (+) kg⁻¹ (alto) y en Magnesio 1.87 cmol (+) kg⁻¹ (bajo), en Potasio 20 cmol (+) kg⁻¹ (alta), en Sodio 6.6 cmol (+) kg⁻¹ y 55 ppm de Fósforo (muy alto) (Cuadro 11).

	TC	TC+H	TC+C	LJ	LJ+H	LJ+C	LJ*	LJ*+C	LJ*+H	C
Densidad Aparente g/cm ³	1.24	1.14	1.20	0.96	0.92	0.96	1.23	1.20	1.16	0.92
Densidad Real g/cm ³	2.40	2.55	2.45	2.14	2.45	2.15	2.1	2.06	1.56	1.9
% Porosidad	48.33	55.29	51.02	55.14	62.44	55.34	41.42	41.74	25.64	51.57
pH	8.1	7.6	8.05	7.93	7.48	7.76	8.42	7.40	7.84	7.75
% Materia Orgánica	1.76	2.40	2.77	6.36	8.47	2.86	1.31	2.10	3.19	11.07
Clase Textural	mig.	mig.	mig.	mig- arc- lim.	mig- arc- lim.	mig- arc- lim.	arn- mig.	arn- mig.	arn-mig.	mig- arn.
% arenas	52	52	52	12	16	14	84	86	80	66
% limos	34	32	30	50	48	50	8	6	12	20
% arcillas	14	16	18	38	36	36	8	8	8	14
C.I.C.T. cmol (+) kg ⁻¹ suelo	18.61	23.23	20.56	21.62	27.89	21.96	17.25	19.61	23.15	39.62
Ca cmol (+) kg ⁻¹ suelo	24.92	34.92	23.31	32.42	34.03	30.01	15.81	15.81	19.56	27.33
Mg cmol (+) kg ⁻¹ suelo	2.40	3.21	3.21	5.89	4.82	7.23	3.20	3.20	4.01	1.87
P ppm	48	50	46	53	48	38	35	36	46	55
Na cmol (+) kg ⁻¹ suelo	7	6	7.6	5.4	6.4	5.6	4.6	4.6	6.2	6.6
K cmol (+) kg ⁻¹ suelo	2.05	5.8	5.8	3.2	6.6	5	1.7	6.2	5.7	20.1

Cuadro 11. Valores de los parámetros físicos y químicos evaluados en cada uno de los sustratos seleccionados

TC - Tierra de Cultivo
 TC+H - Tierra de Cultivo con Hormigasa
 TC+C - Tierra de Cultivo con Composta
 LJ - Lama Jay
 LJ+H - Lama jay con Hormigasa

LJ* - Lama Jay Arenosa
 LJ+C* - Lama Jay Arenosa con Composta
 LJ+H* - Lama Jay Arenosa con Hormigasa
 C - Composta
 LJ+C - Lama Jay con Composta

En la *hormigasa* se obtuvo el porcentaje más bajo con respecto al resto de los sustratos, 17.66% al 18° día, esto puede estar relacionado con el contenido alto de materia orgánica en proceso de descomposición, lo cual puede favorecer la presencia de hongos, además de que al hacer una remoción del sustrato (al comenzar el trasplante de las plántulas presentes en este tratamiento) no se encontraron las semillas, lo que permite inferir que se pudrieron.

En la Figura 7 se observa el comportamiento de la germinación a través del tiempo, es evidente la superioridad del porcentaje de emergencia en la tierra de cultivo y la mezcla con la composta, en la cual se presentaron los máximos porcentajes, con 85.66 y 81.66 respectivamente, a diferencia de la *hormigasa*, en la que se tuvo un 17.66%.

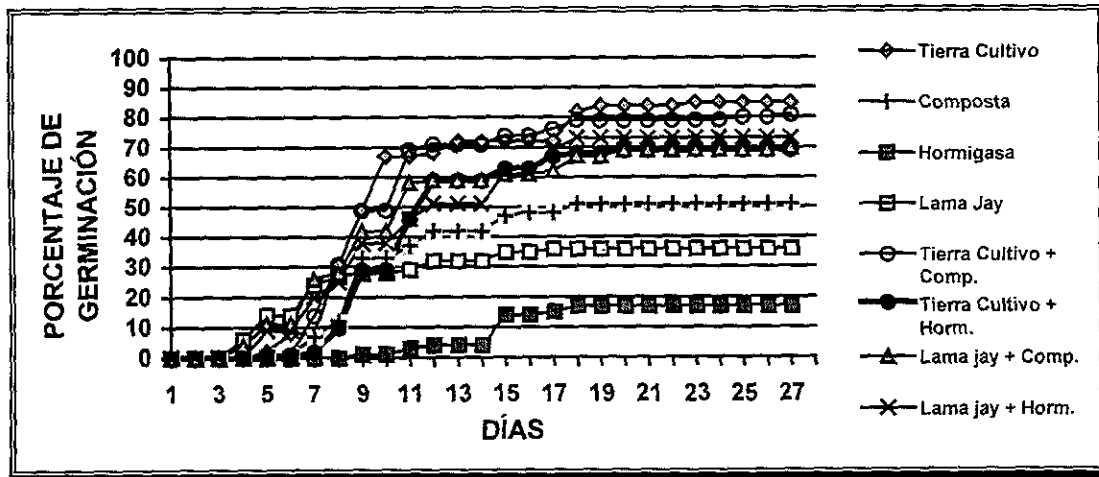


Fig 7. Porcentajes de emergencia de mezquite

7.4.2. Análisis de germinación en guaje

Los resultados de la germinación se obtuvieron con la aplicación de: digestión ácida (con ácido sulfúrico), agua a diferentes temperaturas y digestión alcalina (hidróxido de sodio). Se eligió el mejor tratamiento, con el cual se trató un lote de semillas para emplearlo en el análisis de sustratos en el campo.

7.4.2.1. Digestión ácida

En el Cuadro 8 se observa que el mejor porcentaje germinativo se presentó en el tratamiento por 20 minutos, con un 78.33%, con una velocidad de germinación 6.52%/día, además de que el porcentaje de semillas viables (18.33) fue mayor que el porcentaje de semillas muertas (3.33). El índice de Maguire fue de 29.02, lo cual indica una calidad germinativa baja. Se observaron diferencias significativas con el testigo. El tratamiento con ácido sulfúrico por 10' alcanzó un 23.33%, con una velocidad germinativa de

1.84%/día, mientras que el porcentaje de semillas viables es de 63.33 y 13.33 para las semillas muertas; el índice de Maguire fue de 3.42. No se observaron diferencias significativas con el testigo.

	% GERM.	NÚM. DE DÍAS	ÍNDICE MAGUIRE	VEL. DE GERM.	SEMILLAS VIABLES %	SEMILLAS MUERTAS %
TESTIGO	0	0	0	0	96.66	3.33
H ₂ SO ₄ 10'	23.33	12	3.42	1.84	63.33	13.33
H ₂ SO ₄ 20'	78.33	12	29.02	6.52	18.33	3.33
NaOH 5'	3.33	3	0.33	0.33	95	1.66
NaOH 10'	1.66	1	0.33	0.33	96.66	1.66
H ₂ O 100°/5'	58.33	11	9.01	5.08	33.33	8.33
H ₂ O 100°/10'	45	11	6.10	3.96	20	35

Cuadro 8. Variables de respuesta observada en guaje con la aplicación de diferentes tratamientos

Al comparar los tratamientos con ácido sulfúrico en ambos tiempos de inmersión con los reportados por Foroughbakhch (*op. cit.*), Rodríguez *et al* (*op. cit.*) y Gray (1962), se encontraron variaciones en cuanto a la respuesta germinativa de esta especie, dado que reportan altos porcentajes de germinación con tiempos de inmersión cortos; en cambio, Mazari (1984) y Casique (*op. cit.*) obtuvieron bajos porcentajes de germinación conforme se incrementaba el tiempo de inmersión. Aún es necesario llevar a cabo más pruebas para evaluar tiempos de inmersión y respuesta germinativa en esta especie.

7.4.2.2. Agua a diferentes temperaturas

En el Cuadro 8 se observa que el tratamiento con agua a 100° por 5 minutos alcanzó un 58.33% al 11° día, con una velocidad germinativa de 5.08%/día, con 33.33 y 8.33% de semillas viables y semillas muertas, respectivamente, el índice de Maguire fue de 9.01. Se observaron diferencias comparando porcentaje y velocidad de germinación con respecto al testigo.

En cuanto al efecto del agua a 100° por 10 minutos, se aprecia un 45% de germinación al 11° día, con una velocidad germinativa de 3.96%/día; sin embargo, el porcentaje de semillas viables disminuyó hasta 20 y el de semillas muertas se incrementó hasta un 35%, lo que indica el hecho de que si las semillas permanecen durante lapsos mayores de 10 minutos en agua a punto de ebullición, se disminuye su viabilidad, ya que se producen daños serios al embrión, como la desnaturalización de la estructura terciaria de los compuestos proteicos, que conforman entre otras estructuras la membrana celular.

Valores similares son reportados por Foroughbakhch (*op. cit.*), Benth (1968) y Rodríguez *et al* (*op. cit.*), a diferencia de los publicados por Álvarez y Bagaloyos (1977), Casique (*op.*

cit.), Lasso y Meléndez (1980), Ramírez (1985), Ramírez y Camacho (*op. cit.*), Rodríguez y Eguiarte (1983) y Becerra (1984) que emplearon tiempos de inmersión muy cortos y obtuvieron altos porcentajes de germinación.

En relación al uso de agua caliente para guaje, se propone probar tiempos de inmersión que oscilen entre los 3 y 10 minutos a temperaturas por encima de los 80°, para lograr una remoción de la testa y por consiguiente, la activación del proceso germinativo; no se recomiendan temperaturas bajas, dado que no consiguen escarificar lo suficiente a las semillas.

7.4.2.3. Digestión alcalina

El mismo cuadro muestra que el tratamiento con NaOH por 5 minutos alcanzó 3.33% al 3° día, con una velocidad germinativa de 0.33%/día, con el 95% de semillas viables y 1.66 de muertas, el índice de Maguire fue de 0.33. No se observaron diferencias significativas con el testigo.

El tratamiento con NaOH por 10 minutos alcanzó 1.66% de germinación al 1° día, con una velocidad germinativa de 0.33%/día, un índice de Maguire de 0.33, y se observó un 96.66% de semillas viables y 1.66 semillas muertas. No se detectaron diferencias significativas con el testigo. Los tratamientos con NaOH en ambos tiempos de inmersión no fueron suficientes para lograr romper la testa de las semillas, además no se dañaron las semillas, por lo cual es recomendable incrementar los tiempos de inmersión, para lograr romper la testa.

Por otra parte, el testigo no presentó germinación durante el experimento. Rodríguez *et al* (*op. cit.*) y Lasso y Meléndez (*op. cit.*) reportan muy bajos porcentajes; a diferencia de Foroughbakhch (*op. cit.*), Rodríguez y Eguiarte (*op. cit.*), Becerra (*op. cit.*) y Gray (*op. cit.*) quienes reportan valores por encima del 10% de germinación.

La respuesta germinativa de las semillas sin ningún tratamiento se debe al grado de maduración de ésta (cuando la testa no ha endurecido) al momento de realizar las pruebas de germinación, dado que entre más pronto se realicen, es posible alcanzar buenos porcentajes. Además de que estos resultados indican que esta especie necesita necesariamente cualquier tipo de escarificación.

En la Figura 8 se observa el comportamiento de guaje durante la germinación a través del tiempo, en la cual, es evidente que el mejor tratamiento fue el ácido sulfúrico por 20 minutos (78.33%) con respecto al resto de los tratamientos, aunque también el tratamiento con agua a 100° por 5 minutos logró alcanzar un 58.33% de germinación.

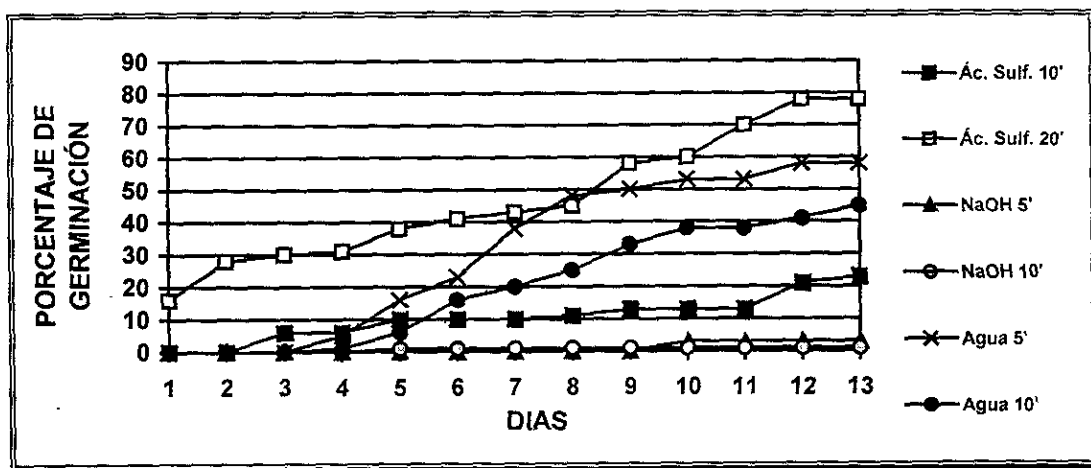


Fig 8. Porcentajes de germinación de guaje

7.4.2.4. Evaluación de sustratos

En esta especie no se observó emergencia en ninguno de los sustratos empleados, lo cual puede atribuirse a que el tratamiento con ácido sulfúrico no escarificó lo suficiente la testa de las semillas empleadas, lo cual disminuyó las posibilidades de hidratación para desencadenar los mecanismos germinativos.

Se ha reportado que las semillas de guaje son muy duras y necesitan escarificarse con métodos que favorezcan su germinación, por lo cual se hace necesario encaminar otras investigaciones que contemplen períodos más prolongados de la inmersión en ácido sulfúrico de las semillas o la aplicación de otros tratamientos.

7.4.3. Análisis de germinación en shasni

Los resultados del análisis se muestran en el Cuadro 9. Los tratamientos fueron mediante digestión ácida, alcalina y con agua.

7.4.3.1. Digestión ácida

La digestión de las semillas con ácido sulfúrico se realizó por espacio de 5 y 10 minutos; en particular, se observa que el porcentaje de germinación más alto se obtuvo con el ácido sulfúrico por 10 minutos, logrando un 96.66% al 13° día, con una velocidad germinativa de 7.29 %/día; semillas viables 3.3% y ninguna semilla muerta, índice de Maguire de 48.6, siendo este el valor más alto con respecto al resto de los tratamientos. Se observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación e índice de Maguire con el testigo.

El tratamiento con ácido sulfúrico por 5 minutos alcanzó un 80% de germinación al 9° día, con una velocidad germinativa de 8.28%/día, 15 y 5% de semillas viables y semillas muertas, respectivamente; índice de Maguire de 34.48. Se observaron diferencias con el testigo en los parámetros evaluados.

Estos resultados muestran que al incrementar el tiempo de inmersión en el ácido sulfúrico, se disminuye el porcentaje de germinación, además de que se eleva la proporción de semillas muertas, es recomendable emplear períodos cortos de inmersión en el ácido para obtener altos valores germinativos, sin dañar a las semillas, manteniendo valores altos de su capacidad de germinación.

Se han publicado resultados similares en otras especies de este género por Nava (1974), Martínez (*op. cit.*), Camargo (*op. cit.*) y Chipole (1995), dado que hasta el momento no se han reportado trabajos sobre este rubro para *Mimosa depauperata*.

	% GERM.	NÚM. DE DÍAS	ÍNDICE MAGUIRE	VEL. DE GERM.	SEM. VIABLES %	SEM. MUERTAS %
TESTIGO	11.66	6	2.41	1.87	70	18.33
H ₂ SO ₄ 5'	80	9	34.48	8.28	15	5
H ₂ SO ₄ 10'	96.66	13	48.6	7.29	3.3	0
NaOH 5'	13.33	12	4.25	1.07	80	6.66
NaOH 10'	10	4	4.03	2.52	80	10
H ₂ O 100°/3'	38.33	11	6.35	3.48	50	11.66
H ₂ O 100°/5'	3.33	2	1.11	1.11	56.6	40

Cuadro 9. Variables de respuesta observada en shasni con la aplicación de diferentes tratamientos

7.4.3.2. Agua a diferentes temperaturas

En el Cuadro 9 se observa que el uso de agua a 100° por 3 minutos, favoreció un 38.33 % de germinación al 11° día, con una velocidad germinativa de 3.48 %/día, valor más alto con respecto al resto de los tratamientos, con un 50 y un 11.66 % de semillas viables y semillas muertas, respectivamente, y un índice de Maguire de 6.35. No se detectaron diferencias estadísticas con el testigo.

El tratamiento con agua a 100° por 5 minutos alcanzó un 3.33%, resultando ser el valor más bajo en relación con los demás tratamientos, este se obtuvo al 2° día, con una velocidad germinativa de 1.11 %/día, con 56.6 y 40% de semillas viables y semillas muertas, respectivamente, y con un índice de Maguire de 1.11, correspondiendo al valor más bajo de todos los tratamientos. No se detectaron diferencias estadísticas con el testigo.

Es posible inferir que al incrementar el tiempo de inmersión en el agua caliente, se disminuye la viabilidad de las semillas y por lo tanto, el porcentaje de germinación, esto se debe al efecto negativo que tiene la temperatura elevada del agua sobre el embrión; de hecho, en el cuadro se aprecia que en el caso del agua a 100° por 5 minutos prácticamente el 40% de las semillas murieron.

7.4.3.3. Digestión alcalina

En el mismo cuadro se aprecia que el tratamiento con NaOH por 5 minutos obtuvo un 13.33% de germinación al 12° día, con una velocidad germinativa de 1.07 %/día, se determinó un 80 y un 6.66% de semillas viables y semillas muertas, respectivamente, y un índice de Maguire de 4.25. No se detectaron diferencias con el testigo.

Por otra parte, la prueba de NaOH por 10 minutos alcanzó un 10% de germinación al 4° día, con una velocidad germinativa de 2.52 %/día; el porcentaje de semillas viables fue de 80 y el de muertas fue de 10, el índice de Maguire encontrado fue de 4.03. No se detectaron diferencias con el testigo.

Hasta el momento, no se han publicado resultados sobre germinación tratando las semillas con el NaOH, por lo que se puede comentar que es necesario trabajar más con los tiempos de inmersión para lograr mejores resultados, dado que los tiempos de 5 y 10 minutos no fueron suficientes para escarificar la semilla de esta especie.

En lo que respecta al testigo se obtuvo un 11.66% al 6° día, con una velocidad germinativa de 1.87 %/día, se mantuvo un 70% de semillas viables y un 18.33 de semillas muertas y con un índice de Maguire de 2.41.

Estadísticamente, no se detectaron diferencias con el testigo. Resultados similares reportan Martínez (*op. cit.*), Nava (*op. cit.*) y Chipole (*op. cit.*) y Camargo (*op. cit.*) reporta buenos porcentajes.

Estos resultados permiten aseverar que shasni requiere un tratamiento pregerminativo, ya sea físico, mecánico o químico para romper el proceso de dormancia y obtener buenos porcentajes de germinación. Sin embargo, se deben considerar tiempos y tratamientos que no dañen al embrión.

En la Figura 9 es evidente la diferencia del tratamiento con ácido sulfúrico por 10 minutos con respecto a los demás tratamientos, aunque el tratamiento por 5 minutos también alcanzó buen porcentaje de germinación.

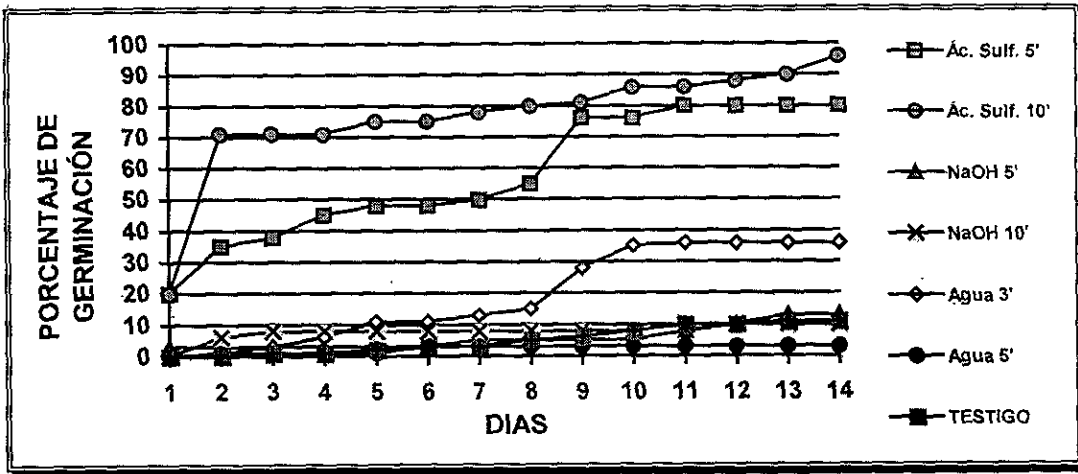


Fig 9. Porcentajes de germinación de shasni

7.4.3.4. Evaluación de sustratos

Los resultados se aprecian en el Cuadro 10, donde se observan bajos porcentajes de emergencia en todos los sustratos, excepto en el de *hormigasa sola* y *tierra de cultivo con composta* en los cuales no se presentó germinación.

El valor más alto se obtuvo en la *tierra de cultivo*, con un 18% de emergencia al 11° día, la *tierra de cultivo con hormigasa* 6% al 8° día, *lama jay sola* 14% al 7° día, el sustrato de *lama jay con composta* 4% al 6° día, *lama jay con hormigasa* 12% al 10° día, *composta sola* 2 % de emergencia al 4° día. No se detectaron diferencias estadísticas al comparar las tres variables de respuesta evaluadas.

Los bajos porcentajes de germinación de las semillas de shasni, puede atribuirse a las condiciones climáticas de la zona de estudio en donde se llevó a cabo el experimento, particularmente a las fluctuaciones térmicas durante el día y la noche, la evaporación y la temperatura del suelo, ya que bajo estas condiciones, existen mayores posibilidades de que las semillas necesiten, en primera instancia agua, que es fácil que se evapore, lo cual retrasa y además dificulta el proceso primario de la germinación en el campo; por otro lado, el sustrato juega el papel de barrera física para el desarrollo radicular y para la emergencia de los cotiledones a la superficie, aunque esto varía de acuerdo a las propiedades físicas y químicas de éste.

En la zona de estudio, shasni se encuentra principalmente en las áreas abiertas y perturbadas, donde son comunes las actividades humanas, con suelos someros, pedregosos, pobres en materia orgánica; sin embargo, en el experimento no se presentaron buenos porcentajes de germinación, de hecho los sustratos empleados presentan

características favorables, tales como cantidades convenientes de materia orgánica, buena aeración, pHs ligeramentes alcalinos, entre otras.

SUSTRATOS	PORCENTAJE DE EMERGENCIA	NÚM. DÍAS	VEL. DE GERM.
TIERRA DE CULTIVO	18	11	1.63
COMPOSTA	2	4	0.22
HORMIGASA	0	0	0
LAMA JAY	14	7	1.82
TIERRA DE CULTIVO + COMPOSTA	0	0	0
TIERRA DE CULTIVO + HORMIGASA	6	8	0.35
LAMA JAY + COMPOSTA	4	6	0.57
LAMA JAY + HORMIGASA	12	10	1.57

Cuadro 10. Porcentajes de emergencia de shasni en diferentes sustratos

En la Figura 10 se observa el comportamiento de la germinación a través del tiempo, es posible observar que durante los primeros días se presenta la emergencia incipiente de algunas semillas, sin embargo, ésta se detuvo y no volvió a presentarse, a pesar de que las semillas fueron tratadas bajo las mismas condiciones.

La germinación rápida de esta especie en un sustrato determinado, puede ser una estrategia de sobrevivencia que evite su erradicación en un lugar en que las condiciones adversas disminuyen las posibilidades de su posterior establecimiento y crecimiento.

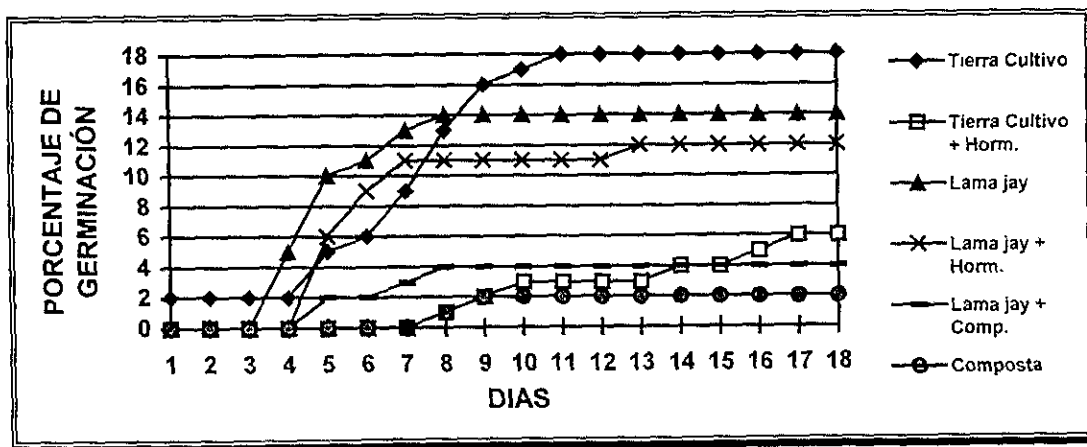


Fig 10. Porcentajes de emergencia de shasni

7.4.4. Aspectos comunes de la germinación de las especies estudiadas

En los resultados mostrados sobre la germinación de las tres especies, se observó que fue el tratamiento con ácido sulfúrico el que favoreció notablemente el proceso germinativo, esto se debe al rompimiento de las macroesclereidas ubicadas debajo de la cutícula, en la testa de las semillas, dado que este proceso permite la disociación de las paredes celulares, las cuales inmediatamente se constituyen como vía de entrada de agua dentro de la semilla favoreciendo la reactivación de los procesos bioquímicos de ésta (Rodríguez, 1997). Además, es probable que este tratamiento sirva para inducir otros cambios; tales como la permeabilidad a los gases, sensibilidad a la luz o a la temperatura y remoción (si es el caso) de sustancias inhibitoras.

Particularmente, se observó que las semillas de mezquite y guaje son capaces de tener amplias variaciones de respuesta germinativa al tratamiento con ácido sulfúrico en función del tiempo de inmersión, lo cual está directamente relacionado con la dureza de la testa, época de colecta, madurez y tiempo de almacenamiento de la semilla; esto dificulta la elección de un tratamiento óptimo, susceptible de un uso generalizado para la producción de plantas, lo cual hace necesario seguir probando tiempos de inmersión más precisos para obtener elevados porcentajes de germinación.

En lo que respecta al uso de agua a punto de ebullición, se observó que en la mayoría de los casos se afectó la viabilidad y la germinación de las semillas, dado que éstas resultaron dañadas con este tratamiento, por lo cual es recomendable emplear agua a temperaturas más bajas por espacios de tiempo mayores. En los casos en que favoreció la germinación fue porque el choque térmico forma fisuras en la testa por la separación de células de macroesclerénquima, lo que puede deberse a diferencias en la expansión de las partes de la testa.

A diferencia de los grupos testigo de cada especie, en los cuales se observaron bajos porcentajes de germinación, esto muestra el hecho de que las semillas de las tres especies poseen una testa dura, impermeable y resistente a la abrasión, lo cual impide su germinación y de acuerdo a la clasificación de tipos de latencia en semillas propuesta por Nikolaeva (*op. cit.*), las semillas tanto del mezquite, guaje y shasni es de tipo exogénica y física, por lo cual es necesaria la escarificación de éstas ya sea removiendo o perforando la testa para permitir la entrada de agua y de ese modo, favorecer la germinación.

En condiciones naturales, este proceso se rompe por el efecto de la abrasión del suelo, por la acción de agentes microbianos, por el jugo gástrico de los animales, por ácidos orgánicos o por fluctuaciones de temperatura y humedad (Creager, *op. cit.*) aunque estos procesos naturales normalmente son muy lentos y con un porcentaje de germinación bajo (Rodríguez, *op. cit.*). A pesar de ello, las semillas durmientes no permiten aprovechar al máximo la capacidad germinativa de los lotes y dificultan su manejo debido al lento e incompleto de su germinación.

Se ha mencionado que las semillas con latencia física adquieren la impermeabilidad al final de la maduración. Si se cosechan antes de alcanzar su completa madurez y se siembran en seguida se evita que haya impermeabilidad, esta se presenta como resultado del encogimiento que compacta las células del macroesclerénquima, presionándolas fuertemente unas contra otras.

Morfológicamente, se considera que la cutícula puede funcionar como una primera barrera para la entrada de agua a la semilla, aunque puede actuar en combinación con otras barreras que se encuentren dentro de la semilla impidiendo la movilización de agua hacia el embrión, de hecho, las células de Malpigio (o macroesclereidas) contienen depósitos de calosa, a lo cual se le atribuye también la impermeabilidad (Staden *et al*, *op. cit.*). Otra causa que contribuye a retrasar la germinación en las semillas durmientes, es que estas tienen una base genética, que se encuentra regulada por las condiciones ambientales, lo cual les permite mantener su vigor y viabilidad en condiciones de baja humedad y alta insolación; se han reconocido 2 genes involucrados en el desarrollo de la latencia de las semillas, pero en condiciones áridas durante su maduración se incrementa su expresión. Las condiciones ambientales durante su desarrollo pueden modificar el proceso de impermeabilidad al agua y alterar la composición de la cutina, componente esencial de la cutícula.

Por otra parte, se considera que la latencia física es el resultado de la oxidación de fenoles durante su maduración, además de la reacción de los taninos que oscurecen el color de la testa y forman quinonas que reaccionan con proteínas celulares y ello contribuye a la impermeabilidad; se ha observado en algunas especies una relación directa del color de la testa con la impermeabilidad, entre más oscura más impermeable (Egley, 1989), como es el caso del color de la semilla del guaje (café oscuro) o shasni (negro).

De igual forma, no se deben olvidar las estrategias germinativas que poseen las plantas de las zonas áridas, es que no germinan si las cantidades de agua no son las mínimas requeridas para iniciar el proceso germinativo y su respectiva maduración.

Otra medida es que la germinación se manifiesta hasta la siguiente estación de crecimiento, con el fin de evitar un período en el que se presentan condiciones climáticas desfavorables para el crecimiento. Además de asegurar que las condiciones propias del microhábitat les permitan sobrevivir, de no ser así, la fisiología de la semilla retrasa el proceso hasta que se presenten condiciones favorables (Staden *et al*, *op. cit.*).

Dadas estas condiciones de protección, es posible entender la dureza y en si mismo el proceso de latencia por el cual atraviesan estas semillas, ya que de algún modo les esta garantizando la supervivencia de la especie.

Además, se comprobó que el tipo de germinación que presenta el mezquite, guaje y shasni es faneroepigea, con cotiledones foliares, es decir, se caracterizan por que los cotiledones

están encerrados en la testa y se expanden después de que el epicótilo se extiende (Duke y Polhill, 1981), lo cual es característico de plantas que se desarrollan predominantemente en hábitats abiertos y poseen una alta capacidad colonizadora en áreas perturbadas. En relación al medio en el cual se desarrollan las plantas, cabe mencionar que posee una influencia determinante para su desarrollo y producción, por lo cual son importantes la temperatura y radiación solar, cantidad y distribución de lluvias, estación del año, fertilidad y pH del suelo, densidad de plantas por unidad de área, entre otros requerimientos.

7.5. Insectos que afectan la viabilidad y calidad de las semillas estudiadas

7.5.1. Ubicación taxonómica e importancia

En el Cuadro 12 se observa la determinación de géneros y especies (probables) de gorgojos que se encontraron plagando las semillas de las especies estudiadas.

HOSPEDERA	ESPECIE PLAGA
Mezquite	<i>Mimosestes amicus</i> , <i>M. nicoya</i> , <i>Algarobius atratus</i> , <i>A. johnsoni</i> y <i>Acanthoscelides sp.</i>
Guaje	<i>Algarobius atratus</i> y <i>A. johnsoni</i> y <i>Acanthoscelides sp.</i>
Shasni	<i>Stator pruninos</i>

Cuadro 12. Especies de bruchidae que atacan a las semillas de las especies seleccionadas

Es posible apreciar que son coleópteros de la familia Bruchidae los que depredan con mayor incidencia las semillas de estas leguminosas.

En particular para el mezquite, se determinaron 5 especies, *Algarobius atratus* (Fig 11), *A. johnsoni* (Fig 12), *Mimosestes amicus* (Fig 13), *M. nicoya* (Fig 14), y *Acanthoscelides sp* (Fig 16). Es importante señalar que el tiempo en el cual emergen los adultos varía entre una y otra, como si la competencia por el alimento al mismo tiempo les diera desventajas y prefirieran hacerlo de forma desfasada, para evitar un alto índice de mortalidad por falta de alimento. En relación a las especies reportadas por Johnson (Johnson, 1981, 1983a) para el mezquite, se encuentran los géneros *Acanthoscelides*, *Mimosestes* y *Algarobius* como los que dañan con más frecuencia a las semillas. Cabe señalar que las especies de gorgojos identificadas son nuevos registros para este especie en México, excepto *Mimosestes amicus* y *Acanthoscelides sp* (com. per. Romero).

En el guaje se encontraron a *Algarobius atratus* (Fig 11), *A. johnsoni* (Fig 12) y *Acanthoscelides sp.* (Fig 16) El mismo Johnson (1981, 1983a, 1989) reporta que en las zonas de distribución de comunidades nativas en México y Centroamérica, sus semillas son depredadas por 7 gorgojos de los géneros: *Stator* y *Acanthoscelides*. Es importante señalar que las 2 especies determinadas del género *Algarobius* son nuevos registros para el guaje.

Las 2 especies de *Stator* se alimentan de una gran variedad de géneros de leguminosas mimosoides, mientras que las especies de *Acanthoscelides* se alimentan exclusivamente del género *Leucaena* y no han sido registradas en ningún otro género de planta huésped, también se reportan daños a las semillas ocasionados por el género *Merobruchus*. Sin embargo, no se ha reportado el género *Algarobius* como depredador de su semilla; lo cual puede estar relacionado con la distribución de este insecto y de sus principales especies hospederas.

No se ha determinado la especie del género *Acanthoscelides*, sin embargo, algunos reportes indican a *A. orlandi*, *A. mankinsi* y *A. macrophthalmus* como las principales plagas del guaje (Johnson, 1983b; 1989)

En el caso de shasni, se determinó el género *Stator pruinosus*. Aunque Johnson (*op. cit.*) ha reportado los géneros de *Acanthoscelides*, *Bruchidius* y *Stator* como los principales depredadores de sus semillas, también se ha determinado el daño por parte de *Acanthoscelides chiricahuae*, esta especie está altamente especializada y sólo se alimenta de semillas del género *Mimosa*, además de que se reportan 16 especies de *Acanthoscelides* y algunos otros géneros de Bruchidae, que se han desarrollado de manera exitosa en este género de leguminosas. De acuerdo con Romero (com. per.) la especie identificada no ha sido reportada para shasni, por lo cual es un nuevo registro para nuestro país y para esta especie, considerando que *M. depauperata* es endémica de México (Grether *et al.* 1996).

La amplia distribución del guaje y mezquite no presenta una relación directa con la elevada incidencia de los predadores citados, se ha sugerido que el tamaño y específicamente el número de semillas tienen un efecto sobre el proceso de depredación sobre estas, la razón es que la planta produce muchas semillas pequeñas que los gorgojos pueden no utilizar antes de que estas sean desperdadas (Johnson, *op. cit.*).

¿Cómo se inicia el proceso predatorio a las semillas? La fase larval de este grupo produce daños inicialmente, por la perforación de la semilla como consecuencia de la deposición de un huevo sobre la vaina o en el tejido de ésta. Una vez sobre la planta, los gorgojos están expuestos a un complejo arreglo de estímulos físicos y químicos, que son percibidos por varios receptores periféricos, si un estímulo "positivo" es recibido, el gorgojo inicia su alimentación u ovoposición, de hecho, las vainas y la superficie de la semilla poseen un arreglo químico particular que influye en su conducta, deteniendo o acelerando su ovoposición. Además, para que la hembra ovoposite sobre la vaina, necesita ser capaz de determinar la calidad de la vaina, se sabe que las vainas al madurar presentan cambios físicos y químicos marcadamente diferentes que cuando aún está verde, en este estado, se producen más sustancias volátiles, que pueden jugar un papel como barrera para reducir la depredación de las semillas (Birch *et al.* 1989) Las presiones provocadas por los insectos que se alimentan de la semilla provocan alteraciones sobre las funciones de la planta, ésta a su vez reacciona produciendo mayor cantidad de semillas (Southgate, *op. cit.*).

La segregación o producción de goma por las vainas, en el caso de mezquite, se realiza inmediatamente a la penetración inicial de la larva, con el fin de obstruir su paso, además de que el arreglo estructural de las células dentro de la epidermis y subepidermis de la testa influye en la facilidad o dificultad de penetración de la larva (Birch *et al*, *op. cit.*)

7.5.2. Estrategias y métodos de control sugeridos

Para establecer medidas de protección de las semillas de las especies seleccionadas en este estudio, se debe tomar en consideración que algunas especies sobreviven muchas generaciones dentro de las semillas que se encuentran almacenadas en el laboratorio o cuando el adulto emerge, se mantiene alimentándose de ellas; se tienen evidencias de que es posible que en condiciones naturales se alimenten de néctar y polen, excepto cuando emergen los adultos o cuando la hembra hace el orificio en la vaina y ovoposita ahí.

El control químico que se ha practicado, consiste en el uso de insecticidas como Endosulfan, Orthene, Malathion, Cythion, entre otros, sobre todo cuando las vainas jóvenes se comienzan a formar, aunque al parecer es más efectivo el tratamiento desde la formación de la flor hasta el desarrollo de la vaina.

Los métodos tradicionales de control de semillas almacenadas, se encuentra el mantenerlas dentro de extractos de plantas disueltas en aceites durante algún tiempo; también el mezclarlas con las cenizas de madera y minerales, aunque su eficacia varía en función del contenido de sílice en el polvo y sus propiedades de absorción y abrasión, además se pueden rellenar los espacios intersticiales en grano o a granel o crear una barrera al movimiento de los insectos

Otra alternativa es mezclarlas con una capa de 2 cm de aserrín o someterlas a variaciones de temperatura (mantenerlas en refrigeración o calentando las semillas) para matar los insectos. El mantenimiento en envases cerrados herméticamente, con la introducción de bióxido de carbono antes de sellar el recipiente y el empleo de la respiración de hongos o la fermentación para gastar el oxígeno ha brindado buena protección (Johnson, 1983a).

Se tiene conocimiento de que los gorgojos son atacados por una variedad de parásitos, sobre todo del orden Hymenoptera, por lo que es importante considerar este aspecto para un posible control biológico.

Cabe señalar que los especímenes empleados para la identificación se encuentran registrados como parte de la colección de insectos del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados



Fig 11. Imagen de *Algarobius atratus*



Fig. 12. Imagen de *Algarobius johnsoni*



Fig 13. Imagen de *Mimosestes amicus*



Fig 14. Imagen de *Mimosestes nicoya*



Fig 15. Imagen de *Stator pruininus*



Fig 16. Imagen de *Acanthoscelides sp.*

VIII. CONCLUSIONES

- 1.- El método de análisis de calidad de semillas de la ISTA (1976) es el más recomendable para conocer sus condiciones físicas y biológicas.
- 2.- En mezquite se determinó el 80% de pureza, 24,200 semillas por kilogramo y un 100% de viabilidad. El mejor tratamiento del análisis de germinación fue el ácido sulfúrico durante 5 y 10 minutos de inmersión, en tanto, el testigo alcanzó bajos porcentajes. Se determinaron 2 górgojos que depredan sus semillas, *Mimosestes amicus* y *M. insularis*. El sustrato que favoreció la emergencia y establecimiento del mezquite fue la tierra de cultivo.
- 3.- En guaje se obtuvo un 88% de pureza, 17,300 semillas por kilogramo y un 90% de viabilidad. El mejor porcentaje de germinación se obtuvo con ácido sulfúrico por 20 minutos, el testigo no germinó durante el tiempo que duró el experimento. Se determinaron a *Mimosestes insularis* y *Acanthoscelides spp.* como las principales plagas de sus semillas. En las pruebas en el campo no se registró emergencia en ninguno de los sustratos empleados.
- 4.- En shasni se determinó un 94% de pureza, con 74,000 semillas por kilogramo y un 90% de viabilidad. El mejor tratamiento pregerminativo fue el ácido sulfúrico por 10 minutos de inmersión, en el testigo se alcanzaron bajos porcentajes de germinación. El gorgojo que ataca las semillas de esta especie es *Bruchus spp.* El sustrato que favoreció la emergencia fue la tierra de cultivo sola.
- 5.- La diferencia de peso encontrada en las especies se debe a: la época de colecta, grado de humedad o desecación de las semillas, tamaño alcanzado al llegar a la madurez, condiciones ambientales de la zona de estudio durante la fructificación y tiempo de procesamiento.
- 6.- La digestión ácida de las semillas resultó una buena técnica para incrementar los porcentajes de germinación y reducción del tiempo en que se lleva a cabo el proceso. Los pobladores de la zona de estudio pueden adoptarlos con facilidad.
- 7.- Los sustratos más adecuados para el establecimiento de plántulas fueron los arenosos; mientras que los de texturas más finas, inducen compactación y limitan el desarrollo radicular. La utilización de sustratos ricos en materia orgánica, como la hormigasa puede ser contraproducente, ya que la humedad alta, aunado a la presencia de microorganismos, pueden ser factores que favorezcan el desarrollo de enfermedades y como consecuencia, la pudrición de las semillas.
- 8.- La pérdida de semillas por la acción de los gorgojos es muy elevada por lo que es necesario planear acciones preventivas para evitar o disminuir la incidencia de estos

insectos, el modo de acción se da en dos etapas, uno cuando las vainas están aún inmaduras consiste en la aplicación de insecticidas como Endosulfan Orthene, Cythion; o en su defecto, realizar tratamientos a las semillas almacenadas, como mantenerlas dentro de extractos de plantas disueltos en aceite, mezclarlas con cenizas de madera, con aserrín, con cal o someterlas a variaciones térmicas.

9.- Las especies trabajadas presentan viabilidad y potencial germinativo elevado y estrategias de desarrollo variables, lo que facilita su empleo para realizar actividades productivas y de conservación en los ambientes áridos.

IX. SUGERENCIAS

- 1.- Buscar mecanismos alternativos y complementarios sobre la conservación de semillas.
- 2.- Valorar los períodos de viabilidad a través del tiempo bajo la aplicación de técnicas más precisas.
- 3.- Es necesario incrementar las actividades de colecta de semillas nativas e iniciar o continuar investigaciones sobre propagación, con el fin de que se constituyan en un banco de germoplasma.
- 4.- Continuar la estandarización y adecuación de sustratos para la producción de plántulas.
- 5.- Realizar experimentos de adaptación de plántulas de mezquite, guaje y shasni en suelos degradados, para evaluar sus potencialidades, sobrevivencia, tasa de crecimiento, edad, vida productiva, rendimiento potencial, entre otros.
- 6.- Complementar las prácticas de propagación por semilla con métodos de reproducción asexual.
- 7.- Desarrollar estudios sobre mejoramiento genético de las especies estudiadas, seleccionado caracteres como producción y valor nutritivo de las vainas, producción potencial de madera, adaptación a suelos someros, resistencia a heladas, sequía, plagas y enfermedades.
- 8.- Es importante conocer los ciclos vitales del insecto plaga, para aplicar las medidas de control que coincidan con sus fases más vulnerables.
- 9.- Continuar la investigación con otras plantas locales y de importancia no sólo en la restauración de zonas erosionadas sino también que tengan usos importantes para la zona.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Abrego R., J.H. 1991. Estudio fenológico del mezquite (*Prosopis spp.*) en 4 localidades del Estado de Nuevo León. Tesis Ing. Agrónomo Fitotecnista. Fac. de Agronomía, UANL, Marín, N.L., México. 40 p.
- Aguilera, H. y R. Domínguez. 1980. Metodología del análisis físico - químico del suelo. Fac. de Ciencias, UNAM, México. 1-42 pp.
- Aguirre M., J.M. 1972. Combate químico del mezquite (*Prosopis juliflora*) Tesis Ing. Agrónomo esp. Zootecnia, Depto. de Zootecnia, E.N.A., Chapingo, México. 30 p.
- Alcócer, G.V. 1903. Usos medicinales del mezquite. Bol. Soc. Agr. Mex. 27:255, 270, 272, 297, 299.
- Alvarado R., M.; J. L. Cruz A.; V. Jiménez M.; A. Pacheco R. y E. Vázquez G. 1997. Biodiversidad vegetal: Uso tradicional y propagación. Memorias del XXI Simposio de Biologías de Campo y IV Coloquio Estudiantil de 3a. Etapa, (27 y 29 de agosto), ENEP Iztacala, UNAM. 21-22 pp.
- Alvarez R., E. y A.P. Bagaloyos. 1977. Germination of *Leucaena leucocephala* seeds under varying temperatures and length of soaking in water. Sylvatrop. 2:65-66.
- Aranda H., M.E. 1995. Revisión Bibliográfica de los estudios bromatológicos y químicos del mezquite. Reporte Servicio Social. F.E.S. Zaragoza, UNAM.
- Arellano, J.A.R. (comp.) 1979. Bibliografía sobre *Leucaena leucocephala*. SARH, INIA, CIAPY. Mérida. 68 p.
- Arellano D., S. 1996. Determinación del potencial productivo del mezquite (*Prosopis spp.*) en el Municipio de San Juan de Guadalupe, Durango. Tesis Ing. Agrónomo esp. Zonas Áridas, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, U.A.Ch., Chapingo, México. 63 p.
- Arnett Jr., R.H. 1973. The beetles of the United States (A manual for identification). The American Entomological Institute, Michigan, USA. 951-958 pp.
- Arreola E., R. 1956. Propagación del mezquite. In: Boletín de Estudios Especiales, México. 4(43):187.
- Arroyo M., A. 1995. Los grupos indígenas en el estado de Hidalgo. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Hidalgo/Centro de Investigación Pachuca, Serie Cuadernos Hidalguenses 3., Pachuca, Hgo., México. 30 p.
- Arya, S.; O.P. Toky; R.P. Bisht y R. Tomar. 1991. *Prosopis cineraria*: promising multipurpose tree for arid lands. Agroforestry. Oct-Dec. 3:13.
- Avilés M., S.M.; J. C. Cortés C.; A. Monroy A. y R. García S. 1995. Efecto del nodrizaje vegetal (mezquite) en el establecimiento del zacate navajita (*Bouteloua gracilis* (HBK) Lag. Ex Steud.) en un agostadero semiárido del Valle de Actopan, Hidalgo. Resúmenes del XIII Congreso Mexicano de Botánica: Diversidad Vegetal de México. Cuernavaca, Morelos, México. 54 pp.
- Balboa, O.; I. Cortés y J.P. Arce. 1987. Propagación vegetativa de *Prosopis*: investigaciones, problemas y perspectivas. Interciencia. Feb 42(1):27-31.
- Balchellog, C.A.; D. Yao; M.J. Koehler y P.J.C. Harris. 1989. In vitro propagation of *Prosopis* species (*P. chilensis*, *P. cineraria* and *P. juliflora*). Ann. Sci. For. 45:110s-112s.
- Barneby, R.C. 1991. Sensitivae Censitae. A description of the Genus *Mimosa* Linnaeus (Mimosaceae) in the New World. The New York Botanical Garden. Vol. 65. The New York Botanical Garden. USA. 835 p.
- Barreto V., A. y G.P. Yakovlev. 1982. El género *Leucaena* (Leguminosae: Mimosoideae) en Cuba. Acta Botánica Cubana. 42:1-7.
- Barrios T., R. 1985. Caracterización nutricional del mezquite *Prosopis laevigata* en 3 épocas de corte. Tesis Lic. F.E.S. Zaragoza, UNAM. 94 p.
- Barrios R., M.A. y J.M. Medina C. 1996. Estudio florístico de la Sierra de Pachuca, Edo. de Hidalgo. IPN, CONABIO, México. 140 p.
- Becerra B., J. 1984. Efecto de la altura y frecuencia de corte en la producción de forraje de huaje o *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) Tesis Ing. Agrónomo esp. Zootecnia, Depto. de Enseñanza e Investigación en Zootecnia, U.A.Ch., Chapingo, México. 32 p.
- Becker, R.; R.N. Sayre y R.M. Saunders. 1984. Semiarid legume crops as protein resources. Chia Seed Natural Antioxidants. 61(5):931-938.

- ☐ Benth, L. 1968. Treatment of seed with hot water for *Leucaena glauca*. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences. 25:70.
- ☐ Besnier R.,F. 1989. Semillas: Biología y Tecnología. De. Mundi-Prensa, Madrid, España. 155-217,471-501 pp.
- ☐ Birch, A.N.E.; M.S.J. Simmonds y W.M. Blaney. 1989. Chemical interactions between bruchids and legumes. In: Stirton, C.H. y J.L. Zarucchi (Eds.). Advances in Legume Biology. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 29:781-809.
- ☐ Bray, R.A.1984. Evaluating hybrids between *Leucaena leucocephala* and *L. pulverulenta* as potential forage plants. Australian Journal of Experimental Agriculture. 24:379-385.
- ☐ Brewbaker, J.L. y G.M. Ito. 1980. Taxonomic studies of the genus *Leucaena*. *Leucaena Newsletter*. 1:41-42.
- ☐ Brewbaker, J.L. 1987. Species in the genus *Leucaena*. *Leucaena Research Reports*. 7:6-20.
- ☐ Bristow, S. 1983. Propagation of *Leucaena leucocephala* by cuttings. Nitrogen-Fixing Tree Researchs Reports. 1:28-29.
- ☐ Brito N.,R. 1980. Tratamiento a la semilla de 3 especies forestales de zonas áridas y su influencia en la germinación. Tesis Ing. Agronomo esp. en Bosques. U.A.Ch. Chapingo, México. 73 p.
- ☐ Brito N.,R. y A. Niembro R. 1980. Tratamientos a la semilla de tres especies forestales de las zonas áridas y su influencia en la germinación. *Chapingo, Nueva Epoca*. Sep-Dic No. 25-26:11-15.
- ☐ Burkart, A. 1940. Materiales para una monografía del género *Prosopis* (Leguminosae). *Darwiniana* 4(1):57-127.
- ☐ Burkart, A. 1976. A monography of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoidae) J. Arnold Arb., USA. 57(3):217-231.
- ☐ Bustamante N., P. y L.A. Pimentel U. 1993. Caracterización física y química de la goma exudada del mezquite de Actopan y análisis químico comparativo del mezquite (*Prosopis laevigata*) de la Cd. de México, Tehuacán y Actopan. Tesis Lic. F.E.S. Zaragoza, UNAM, México. 75 p.
- ☐ Caballero, D.M. y R.R. Avila. 1989. Necesidades de investigación en mezquite *Prosopis* spp. Simposio Agroforestal en México. Linares, N.L., México.
- ☐ Camacho M.,F. 1994. Dormición de semillas, causas y tratamientos. Trillas, México. 125 p.
- ☐ Camargo R., S.L.; R. Grether y A. Martínez B. 1995a. Cuatro especies oportunistas del género *Mimosa* (Leguminosae) en México. *ContactoS (UAM-I)*. 10:5-15.
- ☐ Camargo R., S.L.; A. Martínez B. y R. Grether. 1995b. Germinación, dispersión y establecimiento de plántulas de *Mimosa tenuiflora* (Leguminosae). *Soc. Bot. Méx. Resúmenes XIII Congreso Mexicano de Botánica*. Cuernavaca, Morelos, México. 155 pp.
- ☐ Camargo R., S.L. 1997. Aspectos de la biología del "Tepescohuite" *Mimosa tenuiflora* (LEGUMINOSAE) en México. Tesis Maestría, Fac. de Ciencias, División de Estudios de Posgrado, UNAM. 112 p.
- ☐ Camargo R., S.L. y S. Barrios del R. 1997. Usos medicinales de *Mimosa albida* Humb & Bonpl. Ex Willd. (Leguminosae) en México. *ContactoS*, México. 23:5-11.
- ☐ Cantú M. 1986. Datos sobre la entomofauna espermatófaga del mezquite (*Prosopis laevigata* y *Prosopis glandulosa*) en Nuevo León, con especial énfasis al impacto sobre la producción de frutos. In: *Simposium Agrícola Forestal en México*. 47 p.
- ☐ Cantú C., M. 1990. Fenología de la floración y fructificación del mezquite *Prosopis laevigata* (Humb. Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnston en Nuevo León y el efecto de las cabras sobre la dispersión de las semillas. *Reporte Científico No. 27*. Fac. de Ciencias Forestales, Linares, N.L. 38 p.
- ☐ Casas F., A. 1992. Etnobotánica y Procesos de Domesticación en *Leucaena esculenta* (Moc. et Sessé ex D.C.) Benth. Tesis Maestría, Fac. de Ciencias, División de Estudios de Posgrado, UNAM, México. 233 p.
- ☐ Casique U.,D.V. 1990. Evaluación de 2 métodos de escarificación de semillas de 7 especies de leguminosas forrajeras tropicales. Tesis Ing. Agrónomo, UACH., Chapingo, México. 89 p.
- ☐ Castillo P., I.R. y Ma. C. Martínez Z. 1991. Estudio bacteriológico en pacientes quemados tratados con tepescohuite (*Mimosa tenuiflora*) y de forma tradicional. Tesis Lic., ENEP - Iztacala, UNAM, México. 74 p.

- ☐ Chávez, E. 1989. Análisis fitoquímico preliminar y detección de principios antimicrobianos en diversos extractos de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret. Tesis Lic., Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas. México. 78 pp.
- ☐ Chehaibar N., M.T. 1988. Estudio taxonómico de la Serie Xantiae y especies afines del género *Mimosa* (Leguminosae). Tesis Maestría, Fac. de Ciencias, División de Estudios de Posgrado, UNAM, México. 130 p.
- ☐ Chehaibar N., M.T. y R. Grether. 1990. Anatomía de la madera de algunas especies del género *Mimosa* (Leguminosae). Bol. Soc. Bot. Méx. 50:3-17.
- ☐ Chipole I., M. 1995. Tratamiento, Germinación y Crecimiento de 4 spp. arbustivas con semilla impermeable. Tesis Lic. ENEP Iztacala, UNAM. 82 p.
- ☐ Córdoba C., M.J. 1995. Mutagenicidad de la goma de mezquite. Informe de Servicio Social. F.E.S. Zaragoza, UNAM. 18 p.
- ☐ Creager, R.A. 1992. Seed germination, physical and chemical control of catclaw mimosa (*Mimosa pigra* var. *pigra*). Weed technology. 6:884-891.
- ☐ Dávila A., H. 1983. La distribución del mezquite en México. Publ. Esp. No. 43. 2da. Reunión Nacional sobre ecología, manejo y domesticación de plantas útiles del desierto. 135-137 pp.
- ☐ Domínguez A., F.A. y V.A. Sánchez. 1989. Comportamiento inicial de *Mimosa scabrella* Benth. en dos municipios de la región central de Veracruz. Primera Reunión Anual sobre Dendroenergía. División de Ciencias Forestales, UACH, Chapingo, México.
- ☐ Domínguez A., F.A. 1996. Evaluación del crecimiento de *Mimosa scabrella* Benth. (Bracatinga) en dos municipios de la región central de Veracruz, México. Tesis Maestría, Fac. de Ciencias, División de Ciencias Forestales. UACH, Chapingo, México. 76 p.
- ☐ Duke, R.M and R.M. Polhill. 1981. Seedlings of Leguminosae. In: R.M. Polhill & P.H. Raven. Advances in Legume Systematics. Part 2: 941-949.
- ☐ Earl, P.R. 1985. *Prosopis* as a subtropical crop in Mexico. International Tree Crops. 3:183-185.
- ☐ Earl, P.R. 1990. The distribution of Mesquites (*Prosopis*, Leguminosae) in Mexico. Publicaciones Biológicas Vol. 4, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL.
- ☐ Egley, G.H. 1989. Water-impermeable seed coverings as barriers to germination. Recent advances in the development and germination of seeds. (Ed. Taylorson, R.B.). NATO ASI Series. Series A: Life Sciences, Plenum Publishing Corporation. 187:207-223.
- ☐ Elias. T.S. 1981. Mimosoideae. R.M. Polhill & P.H. Raven (Eds.). Advances in Legume Systematics Part 1: 143-168. The Royal Botanic Gardens, Kew.
- ☐ Ellis, R.H. y E.H. Roberts. 1980. The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley *Hordeum distichum* L. Ann. Bot., London. 45:31-37.
- ☐ Enriquez V., F. 1992. Utilización de la *Leucaena* en la alimentación de pollos en engorda. Tesis Maestría, F.E.S. Cuatitlán, UNAM, México. 77 p.
- ☐ Estrada C., E.A. y J.J. Marroquín. 1992. Leguminosas del Centro Sur de Nuevo León. Reporte Científico No. Especial 10. Fac. de Ciencias Forestales, U.A.N.L., México. 73-74 pp.
- ☐ Estrada S., L. 1993. Estudio sobre el potencial técnico de aprovechamiento de la goma, vainas, hojas y madera de mezquite (*Prosopis* spp.) en México. Tesis Lic., F. E. S. Cuatitlán, UNAM, México. 246 p.
- ☐ FAO. 1982. Las leguminosas en la nutrición humana. Alimentación y nutrición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. No. 20. 134 p.
- ☐ Felker, P. 1979. Mesquite: an all purpose leguminous arid land tree. In: New Agricultural Crops. Ritchie, G.A. (Ed.) American Association for the Advancement of Science Symposium. Vol. 38. Westview Press, Boulder, Colorado, USA. 189-132 pp.
- ☐ Felker, P. y P.R. Clark. 1980. Nitrogen fixation (acetylene reduction) and cross inoculation in 12 *Prosopis* species. Plant and Soil. 57:177-186.
- ☐ Felker, P.; P. R. Clark; A.E. Laag y P.F Pratt. 1981. Salinity tolerance of the tree legumes: mesquite (*Prosopis glandulosa* var. *Torreyana*, *P. velutina* and *P. articulata*), algarrobo (*P. chilensis*), kiawe (*P. pallida*) and tamarugo (*P. tamarugo*) grown in sand culture on nitrogen-free media. Plant and Soil. 61(3):311-317.

- ☐ Felker, P. y P.R. Clark. 1984. *Prosopis* pod production comparison of North American, South American, Hawaiian and African germoplasm in young plantations. *Econ. Bot.* 38(1):36-51.
- ☐ Ffolliet, P.F. y J.L. Thames. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pretratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina, FAO, Roma. 39 p.
- ☐ Ffolliet, P.F. 1983. Manual sobre taxonomía de *Prosopis* en México, Perú y Chile. FAO, Roma. 35 p.
- ☐ Foroughbakhch, R. 1989. Tratamiento a la semilla de 14 spp. de uso múltiple de zonas de matorral y su influencia en la germinación. Reporte Científico No. 11. Fac. de Ciencias Forestales, U.A.N.L., México. 19 p.
- ☐ Foroughbakhch, R. y L.A.Hauad. 1989. Potencial forrajero de 3 especies de *Leucaena* en el noreste de México: respuesta a diferentes espaciamientos. Reporte Científico No.12, Fac. de Ciencias Forestales, U.A.N.L., México.31 p.
- ☐ Foroughbakhch, R. y L.A. Hauad. 1990. Response of *Leucaena leucocephala* K8, K67, K743 and other varieties to the extreme climatic conditions of northeastern Mexico. *Leucaena Researchs Reports.* 11:76-78.
- ☐ Fraile O., M.E.; A. Martínez B.; S.L. Camargo R.; J. Medrano G. y R. Grether. 1995. Morfología de plántulas, ciclo anual y sus implicaciones taxonómicas en cuatro especies del género *Mimosa* (Leguminosae). *Soc. Bot. Méx. Resúmenes XIII Congreso Mexicano de Botánica.* Cuernavaca, Morelos, México. 162-163 pp.
- ☐ Fraile O., M.E.; A. Martínez B.; R. Grether; S.L. Camargo R.; J. Medrano G. y L.Hernández. 1996. Estudio biosistemático de seis especies del género *Mimosa* (Leguminosae). *Soc. Cubana Bot. Resúmenes V Simposio de Botánica.* La Habana, Cuba.
- ☐ Frias, H.J.; C.J. Peña y J. Ocampo. 1992. Comparación de dos metodologías de remoción de leña en árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) en zonas áridas del norte de Guanajuato. *Manejo de Pastizales.* 6:1-8.
- ☐ García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 2da. ed. Instituto de Geografía, UNAM, México. 246 p.
- ☐ Galindo A.,S. 1983. Caracterización de la variación en el mezquite (*Prosopis* L.) y sus usos en el Altiplano Potosino. Tesis Lic., Fac. de Ciencias Biológicas, UANL. 87 p.
- ☐ Galindo A.,S. 1986. Hibridación natural en el mezquite (*Prosopis laevigata* y *Prosopis glandulosa* var. *Torreyana*) de la altiplanicie de San Luis Potosí. Tesis Maestría esp. Botánica. U.A.Ch., Chapingo, México. 112 p.
- ☐ Galindo A.,S. y M.E. García. 1986. Usos del mezquite (*Prosopis* L.) en el Altiplano Potosino. *Agrociencia.* No. 63. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- ☐ Galindo A.,S.; M.E. García y T.L. Wend. 1992. Potencial de hibridación natural en el mezquite (*Prosopis laevigata* y *Prosopis glandulosa* var. *Torreyana* Leguminosae) de la altiplanicie de S.L.P. *Acta Botánica Mexicana.* 20:101-117.
- ☐ García A., S. 1993. Desarrollo sustentable en tierras del Mezquital. *Rescate Ecológico.* 39:30-33.
- ☐ Garcidueñas M., A.R. 1978. Recolección, Distribución y Almacenamiento de semillas forestales. *Memorias de la Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales.* SARH, Dirección General de Investigación y Capacitación Forestales. Publicación Especial Núm. 13, Diciembre. 97-102 p.
- ☐ Glumac, E. L.; P. Felker e I. Reyes. 1987. A comparasion of cold tolerance and biomass production in *Leucaena leucocephala*, *L. pulverulenta* and *L retusa*. *Forest Ecol. and Management.* 18:251-271.
- ☐ Gómez, L.F. 1967. Importancia económica de los mezquites. (*Prosopis* sp.) en algunos Estados de la República. Tesis Lic., Fac. de Ciencias, UNAM.
- ☐ Gómez, L.F. 1970. Datos sobre algunas características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata*) y su aprovechamiento en el Valle del Mezquital. In: *Mezquites y Huizaches.* IMRNR, México. 71-146 pp.
- ☐ Gómez C.,A. 1995. Estudio etnobotánico del guaje en Xochipala, Guerrero. *Soc. Bot. Méx. Resúmenes XIII Congreso Mexicano de Botánica.* Cuernavaca, Morelos, México. 77 pp.
- ☐ González G., M.E. 1994. Estudios sobre la distribución, morfología y fenología de 5 especies del género *Mimosa*. Tesis Lic., Univ. Simón Bolívar, México. 110 p.

- ☐ González K., V; F. Camacho M. y J. Carrillo S. 1992. Propagación y crecimiento en vivero de arbustos útiles para control de erosión. In: Memoria de Reunión Científica, Forestal y Agropecuaria. Centro de Investigación de la Región Centro. Campo Experimental Coyoacán. pp 247-256.
- ☐ González M., F. 1982. *Mimosa martindelcampoi* Medrano (Leguminosae) una especie nueva del sudoeste de Tamaulipas, México. Bol. Soc. Bot. Méx. 43:39-42.
- ☐ González N.,J. 1984. Efecto del encostramiento del suelo en la germinación y emergencia de las plántulas. Seminario. Fac. de Agronomía, UANL, México. 78 p.
- ☐ González Q.,L. 1968. Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Depto. de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México. 53 p.
- ☐ González Z., L. y A. Orozco-S. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystechya*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58:15-30.
- ☐ Granados S.,D. y J. Hernández H. 1995. Sistema de recolección en una comunidad ñahñu en el Valle del Mezquital, Hgo. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales, México. 1:109-115.
- ☐ Granados S.,D. y L. Pérez C. 1995. Destrucción del planeta y educación ambiental. U.A.Ch., México. 200 p.
- ☐ Granados S., D. 1996. El Mezquite: el árbol del desierto. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales, México. 2(1):37-51.
- ☐ Gray, S.G. 1962. Hot water seed treatment for *Leucaena glauca*. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 2:178-180.
- ☐ Gray, S.G. 1968. A review of research on *Leucaena leucocephala*. Tropical Grasslands. 2:19-30.
- ☐ Grether, R. 1974. Estudio ecológico de *Mimosa biuncifera* Benth. y *Mimosa monancistra* Benth. en la cuenca alta del río de La Laja, Gto. Tesis Lic., Fac. de Ciencias, UNAM, México. 110 p.
- ☐ Grether, R. 1978. A general review of the genus *Mimosa* L. (Leguminosae) in Mexico. Bull. IGSM. 6:45-50.
- ☐ Grether, R. 1981. *Mimosa sousae*, a new species of Sensitivae (Leguminosae) from Oaxaca, Mexico. Phytologia. 48: 369-372.
- ☐ Grether, R. 1982a. Aspectos ecológicos de *Mimosa biuncifera* y *Mimosa monancistra* en el noroeste del Estado de Guanajuato. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 43:43-60.
- ☐ Grether, R. 1982b. *Mimosa albida*, Sensitivae (Leguminosae) en México. Phytologia. 52:81-92.
- ☐ Grether, R. 1987. Taxonomic and nomenclatural notes on the genus *Mimosa* (Leguminosae). Journal of the Arnold Arboretum. 68:309-322.
- ☐ Grether, R. y R.C. Barneby. 1987. *Mimosa nanchititlana*, a new species from state of Mexico, Mexico (Mimosaceae). Brittonia. 39:345-347.
- ☐ Grether, R. 1988. A new species of *Mimosa* (Leguminosae) from the state of Guerrero, México. Syst. Bot. 13(3):425-427.
- ☐ Grether, R. 1990. Two new taxa of *Mimosa* (Leguminosae) from Oaxaca, Mexico. Syst. Bot. 15(3):435-441.
- ☐ Grether, R. y S.L. Camargo R. 1993. *Mimosa bahamensis* (leguminosae) en la Península de Yucatán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 53:55-72.
- ☐ Grether, R.; S.L. Camargo R. y A. Martínez B. 1995. Avances en el estudio taxonómico del género *Mimosa* (Leguminosae) en México. Soc. Bot. Méx. Resúmenes XIII Congreso Mexicano de Botánica Cuernavaca, Morelos, México. 158-159 pp.
- ☐ Grether, R.; S.L. Camargo R. y A. Martínez-B. 1996. Especies del género *Mimosa* (Leguminosae) presentes en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58:149-152.
- ☐ Grether, R. y A. Martínez B. 1996. *Mimosa tejupilcana* a new species of Series Plurijugae (Leguminosae) from the state of Mexico, Mexico. Syst. Bot. 21(4):617-621.
- ☐ Grether, R. 1997. Revisión Taxonómica del género *Mimosa* (Leguminosae) en Mesoamerica. Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias, División de Estudios de Posgrado, UNAM, México. 367 p.
- ☐ Gunn, Ch.R. 1981. Seeds of Leguminosae. In: R.M. Polhill & P.H. Raven. Advances in Legume Systematics. Part 2:913-925.
- ☐ Gupta, G.N. y J.N. Meena. 1993. Tillage Practices for tree Establishment in Arid Region. Annals of Arid Zone. 32(2):115-117.

- ☐ Habít M.; D.C. y R.G. 1981. *Prosopis tamarugo*: arbusto forrajero para zonas áridas. Estudio FAO: Producción y Protección Forestal. No. 25. Roma, Italia.
- ☐ Hartmann H., T. y D.E. Kester. 1990. Propagación de plantas, principios y prácticas. Continental, México. 760 p.
- ☐ Harris, S.A.; C.E. Hughes; R.J. Abbott y R. Ingram. 1994a. A phylogenetic analysis of *Leucaena* (Leguminosae: Mimosoideae). *Plant Systematics and Evolution*. 191:1-26.
- ☐ Harris, S.A.; C.E. Hughes; R.J. Abbott y R. Ingram. 1994b. Genetic diversity in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Leguminosae: Mimosoideae). *Silvae Genetica*. 43:159-167.
- ☐ Hawkins, T.H. y O.M. Ochoa. 1991. The effects of seed pretreatment on the germination of 17 *Leucaena* species. *Leucaena Research Reports*. 12:19-22.
- ☐ Hernández R., R.A. 1992. El Mezquite. *Vinculación*. 4(21-23):23-26.
- ☐ Hu, T. y L. Chih-Cheng. 1981. Vegetative propagation of *Leucaena* by leaf cuttings under mist spray. *Leucaena Research Reports*. 2:50.
- ☐ Huart A. 1902. Informe sobre el cultivo y explotación de mezquite. *Boletín de la Sociedad Agrícola, México*. 26(38):742-744.
- ☐ Huerta B., V. M. 1995. Asociación entre cactáceas y arbustos en una zona semiárida entre los Estados de Querétaro e Hidalgo. *Resúmenes del XIII Congreso Mexicano de Botánica: Diversidad Vegetal de México*. Cuernavaca, Morelos, México. 42 pp.
- ☐ Hughes, C.E. 1993. *Leucaena* Genetic Resources: the OFI seed collections and a synopsis of species characteristics. Unpublished Report. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK.
- ☐ Hughes, C.E. 1996. Bruchid host records in *Leucaena*. *LEUCNET news*. 3:14-16.
- ☐ Hughes, C.E. y C.D. Johnson. 1996. New host records and notes on bruchidae (Coleoptera) of *Leucaena* (Leguminosae) from Mexico, Central and South America. *Journal of Applied Entomology* (in press).
- ☐ Hughes, C.E. 1997. Species delimitation, new taxa and combinations in *Leucaena* (Leguminosae). *Contributions University Michigan Herbarium*. 21:277-290.
- ☐ Hughes, C.E. 1998. *Leucaena*, Manual de Recursos Genéticos. *Tropical Forestry Papers No. 37*. Department of Plant Sciences, Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 280 p.
- ☐ Hunziker, H.J.; C.A. Naranjo; R.A. Palacios; L. Poggio y B. Saidmann. 1986. Studies on the taxonomy genetic variation and biochemistry of Argentine species of *Prosopis*. *Forest Ecology and Management*. 16:301-315.
- ☐ I.N.I. 1982. Grupos étnicos de México. INI, México. Secc. Los Otomís.
- ☐ I.N.I. 1994. Otomíes. In: *La Medicina Tradicional de los pueblos indígenas de México*, tomo II. 563-585 pp.
- ☐ I.S.T.A. 1976. Reglas para ensayos de semillas. INSPV, España. 184 p.
- ☐ Jackson, M.L. 1976. *Análisis químico de suelos*. 3ra ed. Omega, Barcelona, España. 662 p.
- ☐ Jiménez M., V. 1998. Propagación y producción de plantas de importancia forestal no maderable en el centro piloto de restauración y conservación de suelos de "El Dexthi-San Juanico", municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo. estudio de caso: producción de mezquite (*Prosopis laevigata*). Reporte Servicio Social, Jefatura de Biología, ENEP Iztacala. 22 p.
- ☐ Johnston, M.C. 1962. The North America Mesquites (*Prosopis*) Sect. Algarobia. *Brittonia*. 14:72-90.
- ☐ Johnson, C.D. 1981. Seed beetle host specificity and the systematics of Leguminosae. In: Polhill, R. M. y P.H. Raven (Eds.). *Advances in Legume Systematics*. Part 2. Royal Botanical Gardens, Kew. 995-1027 pp.
- ☐ Johnson, C.D. 1983a. Ecología, Control e Identificación de insectos del Nuevo Mundo que infestan la semilla de *Prosopis* (Leguminosae). Roma, Italia. 59 p.
- ☐ Johnson, C.D. 1983b. *Ecosystematics of Acanthoscelides* (Coleoptera: Bruchidae) of southern Mexico and Central America. *Miscellaneous Publications Entomological Society of America*. 56:1-370.
- ☐ Johnson, C.D. 1989. Adaptive radiation of *Acanthoscelides* in seeds: examples of legume-bruchid interactions. In: Stirton, C.H. y J.L. Zarucchi (Eds.). *Advances in Legume Biology*. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 29:747-779.
- ☐ Katerere, Y. 1993. Pobreza y Desertificación ¿puede romperse el ciclo?. *Rescate Ecológico*. 39:26-29.

- ☐ Kuo, Y.L.; C.H. Chou y T.W. Hu. 1982. Allelopathic potencial of *Leucaena leucocephala*. Council for Agricultural Planning and Development. Taipei Taiwan. *Leucaena Research Reports* 3:65.
- ☐ Lasso, G.T. y F. Meléndez. 1980. Escarificación de semillas de *Leucaena leucocephala*. *Agricultura Tropical*. 2(3):109.
- ☐ López G., F. y D. Muñoz I. 1987. Levantamiento edafológico del Valle de Actopan, Hgo. In: Aguilar S., A. y J. Baus P. (Comps.). Resúmenes del 20º Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 11-14 Noviembre. Zacatecas, Zac., México. 17 pp.
- ☐ López G., F. y D. Muñoz I. 1997a. Descripción Físico-Biótica y Diagnóstico Ambiental del Valle del Mezquital, Hgo. Ponencias del Seminario sobre Uso de Aguas Residuales para Riego. Problemática del Valle del Mezquital. 5-10 Mayo. Fac. de Ciencias, UNAM, México. 1-17 pp.
- ☐ López G., F.; D. Muñoz I.; A. Soler A. y M. Hernández M. 1997b. Programa de Manejo Integral de Recursos e Investigación Participativa en el Alto Mezquital, Hgo. (Centro Piloto Dexthí - Valle del Mezquital). SOMAIRZA. Memorias del Primer Congreso Nacional por el aprovechamiento integral de recursos de zonas áridas. Uach, Bermejillo, Durango (Octubre). 80 pp.
- ☐ López Y., L. 1990. Cercos vivos de zonas áridas (Agrosilvicultura en el Desierto Chihuahuense). Tesis Ing. Agrónomo Forestal. Depto. de Ciencias Forestales, UACH, Chapingo, México. 121-122, 162-167 pp.
- ☐ Lot, A. y F. Chiang. (Comps.) 1986. Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. 142 p.
- ☐ Lozoya, X.; V. Navarro; J.T. Arnason y E. Kourany. 1989. Experimental evaluation of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir (tepescohuite) I. Screening of the antimicrobial properties of bark extracts. *Archivos de Invesy. Méd. (Méx.)* 1(20):87-93.
- ☐ Madom's Veterinary. 1955. El Mezquite. (*Prosopis juliflora*). *El Campo*, 22 (766): 54-55.
- ☐ Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop. Science*. 1:176-177.
- ☐ Maguire, J.D. 1980. Seed dormancy and germination. *Adv. In Res. And Technol. of Seeds*. Patte 5:41-67.
- ☐ Martínez O., E.; M.C. Saldivar y S. del Amo R. 1976. El Mezquite. INIREB Informa, Comunicado No. 6 sobre recursos bióticos potenciales del país. INIREB, Xalapa, Veracruz, México. 4 p.
- ☐ Martínez, S. 1984. Arquitectura foliar de las especies del género *Prosopis*. *Darwiniana*. 25(1-4):279-297.
- ☐ Martínez P., F. 1993. Propagación sexual del tepescohuite (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir). Tesis Ing. Agrónomo esp. Fitotecnia, Depto. de Fitotecnia, UACH, Chapingo, México. 42 p.
- ☐ Martínez L., M.J. 1994. El mezquite (*Prosopis laevigata*): Evaluación experimental de métodos de producción de plántulas en vivero. Tesis Ing. Agrónomo. UACH, Chapingo, México.
- ☐ Martínez B., A; S.L. Camargo R. y R. Grether. 1995. Morfología de los granos de polen de las especies del género *Mimosa* (Leguminosae) presentes en Puebla. *Soc. Bot. Méx. Resúmenes XIII Congreso Mexicano de Botánica*. Cuernavaca, Morelos, México. 150-151.
- ☐ Mazari H., A. 1984. Análisis de la respuesta morfogenética in vitro de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Cv Perú. Tesis Licenciatura, Fac. de Biología, México. 65 p.
- ☐ Mehta, M. y D. Sen. 1994. Water imbibition and hard seed coatedness of some arid tree species. *Annals of Arid Zone*. 33(1):89-90.
- ☐ Meckes L., M.; X. Lozoya y J.L. González. 1990a. Propiedades farmacológicas in vitro de algunos extractos de *Mimosa tenuiflora* (tepescohuite). *Archivos de Inves. Méd. (Méx.)*. 21:163-169.
- ☐ Meckes L., M.; X. Lozoya y J.L. González y E. Martínez. 1990b. Efecto producido de *Mimosa tenuiflora* sobre el reflejo peristáltico del ileon del cobayo. *Archivos de Inves. Méd. (Méx.)*. 21:171-174.
- ☐ Mendiola M., M.A. 1980. Control químico de huizache (*Acacia farnesiana*) y el mezquite (*Prosopis* spp.). Tesis Ing. Agrónomo Zootecnista, UANL, Monterrey, N.L.
- ☐ Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*. 28:29-179.
- ☐ Montiel T., J.; J.A. Martínez L. y F. Tapia P. 1993. Obtención del cariotipo de *Prosopis laevigata* por medio de una técnica de extendido en superficie y secado al aire. Programa y Resúmenes del VIII Encuentro Centro - Sur de la República Mexicana. Academia Regional de Investigadores en Flora y Fauna. UAEH, Hidalgo, México. 69 pp.

- Mooney, H.A.; B.B. Simpson y O.T. Solbrig. 1977. Phenology, Morphology, Physiology of Mesquite: Its biology in two Desert Scrub Ecosystem. (Ed. B.B. Simpson) Downen Hutchinson & Ross. Inc. Pennsylvania, USA. 26-44.
- Morales Q., L. 1971. Ensayos de introducción de especies forestales en zonas áridas y para conocer la durabilidad de diferentes plásticos con fines de reforestación. Tesis Ing. Agrónomo esp. Bosques, ENA, Chapingo, México. 112 p.
- Morales G., E.F. 1994. Clave taxonómica del género *Prosopis* L. en ambiente multimedia. Tesis Licenciatura, F.E.S. Zaragoza, UNAM. 60 p.
- Morales de L.,J.; Y.G. Ruiz. 1994. "El Mezquite" (chacachaca, chucate, algarrobo, tohiacuahuitl). Cuadernos de Nutrición. Ene-Feb 17(1):34-38.
- Morales V., G. y F. Camacho M. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. In: Memoria de III Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. Publicación especial No. 48. SARH, México. pp 123-138.
- Moreno M., E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Inst. de Biología, UNAM. 383 p.
- Murakoshi, I.; F. Ikegami; Y. Hinima y Y. Hanma. 1984. Purification and characterization of L-mimosinesynthase from *Leucaena leucocephala*. Phytochemistry. 23(9):1905-1908.
- Mutha, N.; U. Burman; J.C. Tiwari y L.N. Harsh. 1994. Effect of seed weight on germination and seedling quality of *Prosopis juliflora* (SW) D.C. Annals of Arid Zone. 33(3):253-254.
- Nandwani, D. y K.G. Ramawat. 1991. Callus culture and plantlets formation from nodal explants of *Prosopis juliflora*. In: Indian Journal of Experimental Biology. 29(5): 523-527.
- Naranjo, C.A.; L. Poggio y E. Zeiger. 1984. Phenol chromatography, morphology and cytogenetics in three species and Natural Hybrids of *Prosopis* (Leguminosae-Mimosoidae). Plant Systematics and Evolution. 144:257-279.
- National Academy of Sciences. 1977. *Leucaena*, promising forage and tree crop for the tropics. Philippine Council for Agriculture and Resources Research and the United States National Academy of Sciences, Washington, D.C., E.U.A. 115 p.
- Nava R., V. M. T. 1974. Estudios sobre la ecofisiología de la germinación en 3 especies de leguminosas ruderales. Tesis Licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM, México. 22 p.
- Niembro R., A. 1979. Semillas forestales. Depto. de Bosques, U.A.Ch., Chapingo, México. 137 p.
- Niembro R., A. 1981. Estructura y clasificación de semillas de especies forestales mexicanas. INIFAP, México. Publicación especial No. 35(2):77-119.
- Nikolaeva, G.M. 1969. Physiology of seed dormancy in seeds. Trad. Shapiro S. IPST. Press., Israel. 220 p.
- Oakes, A.J. 1984. Scarification and germination of seeds of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Tropical Agriculture. 61:125-127.
- Ochoa C., M.S. 1994. Tiempo de germinación y constantes para estimar emergencia de especies forestales. Tesis Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 56 p.
- Oosting, H.J. 1958. The study of plant communities. W.H. Freeman & Compan. 2da. ed. 326 pp.
- Orozco V., J. 1997. Efecto de bencilaminpurina (BAP); ácido naftalénico (ANA) y ácido indolbutírico (AIB) en el establecimiento de cultivo in vitro de *Prosopis laevigata* (Fabaceae) a partir de explantes nodales. Tesis Licenciatura, ENEP - Iztacala, UNAM, México. 53 p.
- Osman, A. M. 1995. Novel methods for the vegetative propagation of *Leucaena leucocephala* under laboratory conditions. In: Shelton, H. M.; Piggitt, C.M. y Brewbaker, J.L. (Eds.). *Leucaena: opportunities and limitations*. Proceedings of a Workshop held in Bogor, Indonesia, January 1994. ACIAR Proceedings 57, Canberra.
- Palacios, R.A. y D. L. Bravo. 1974. Estudio morfológico de las semillas de *Prosopis*: algunas especies norteamericanas y neotropicales. Darwiniana. 19 (2-4):357-372.
- Palacios, R.A. y D.L. Bravo. 1975. Estudio morfológico de las semillas de *Prosopis* II: algunas especies norteamericanas y neotropicales. Darwiniana. 23(1):3-35.
- Palomino, G.; V. Romo y S. Zárate. 1995. Chromosome numbers and DNA content in some taxa of *Leucaena* (Fabaceae Mimosoideae). Cytologia. 60:31-37.

- Parra, P. 1984. Estudio de la morfología externa de plántulas de *Calliandra gracilis*, *Mimosa albida*, *Mimosa arenosa*, *Mimosa camporum* y *Mimosa tenuiflora*. Rev. Fac. Agron. (Maracay). 13(1-4):311-350.
- Parraguire L., J.F.C. y F. Camacho M. 1992. Velocidad de germinación de 21 especies forestales tropicales. Ciencia Forestal en México. 17(72):3-26.
- Patifio V.F.; P. de la Garza; Y. Villagómez A.; A.I. Talavera y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas forestales. INIFAP. Boletín Divulgativo No. 63. 190 p.
- Pérez, G.J. 1979. *Leucaena*, leguminosa tropical mexicana, usos y potencial. Tesis Ing. Agron., UACH., Chapingo, México. 80 p.
- Petrilli, Z. R. 1990. Evaluación de *Mimosa scabrella* Benth. en asociación con café utilizando cuatro densidades de siembra en el municipio de Zentla, Veracruz. Tesis Licenciatura, Fac. de Ciencias Agrícolas, UDICBA, Universidad Veracruzana, Córdoba, Veracruz.
- Porta C.,J.; M.López A.R. y C. Roquero de L. 1994. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Mundi-Prensa, Madrid, España. 807 p.
- Ramawat, K.G. y D. Nandwani. 1991. Propagation of *Prosopis* species: problem perseverance and perspectives. Annals of Arid Zone. 30(3):247-258.
- Ramírez G., A. 1992. Guía para la producción de viveros de 4 especies arbóreas de zonas áridas. SARH. INIFAP. CIRN. Campo Experimental Palma de la Cruz. S.L.P. Folleto para productores. No.15. 14 p.
- Ramírez G.,A. y J. Villanueva D. 1991. Reforestación con mezquite en la zona media y altiplano potosino. 1-13 p.
- Ramírez L., A. 1937. Notas acerca del aprovechamiento de algunas plantas de importancia económica en la región del Valle del Mezquital. Anales. Inst. Biol. 8:83-115.
- Ramírez O., M.G. 1985. Ruptura de latencia de diferentes semillas de leguminosas mediante tratamiento con agua caliente. Tesis Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 103 p.
- Ramírez O., M.G. y F. Camacho M. 1987. Tratamiento de semillas latentes de plantas de importancia económica. In: Biología, México. 16(1-4):37-42.
- Robles A., C. 1990. *Leucaena*: árbol de uso múltiple (Estudio de Caso en el oriente del Estado de México). Tesis Ing. Agrónomo, División de Ciencias Forestales, UACH, Chapingo, México. 103 p.
- Rodríguez-C., M.; R.K. Maiti; R. Foroughbakhch; J.L. Hernández P. y M.C. Valades C. 1997. Estudio comparativo sobre morfología, ultraestructura y germinación de 9 especies nativas en Marín, N.L., México. SOMAIRZA, A. C. Memorias del Primer Congreso Nacional por el Aprovechamiento Integral de Recursos de Zonas Áridas. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. Bermejillo, Durango. Octubre. 23 p.
- Rodríguez, C. y J.A. Eguiarte. 1983. Evaluación de diferentes métodos prácticos de escarificación en semillas de *Leucaena*. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaría en México. INIP - UNAM - CP - SARH. 849-853 pp.
- Rodríguez H., M.C. y C.Vázquez -Y. 1992. La conservación de plantas en peligro de extinción a través del almacenamiento a largo plazo de semillas. Interciencia. Sep-Oct 17(5):293-297.
- Rodríguez Z.,J. 1989. Evaluación del potencial alergénico del extracto de la corteza de *Mimosa tenuiflora* (tepescohuite), evaluado sobre células intraperitoneales de la rata albina *Rattus norvegicus* y neutrófilos humanos. Tesis Licenciatura, ENEP Iztacala, UNAM, México. 56 p.
- Rolston, M.P. 1978. Water impermeable seed dormancy. The Bot. Rev. 4 (3): 365-396.
- Rzedowsky, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae) en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana. 3:7-19.
- Saeedi-G., M.H. y R. Maldonado G. 1982. Potencial de la flora de las Zonas Áridas. Ciencia y Desarrollo. Núm. 46-47:98-109.
- Scheffer, L. 1988. Grupos indígenas de México (Otomíes). 3ra., Panorama, México. 46-49 pp.
- Schuster, J.L. 1969. Literature on the mesquite (*Prosopis* L.) of North America, An Annotated bibliography. Texas. Tech. University.
- Schuster, J. L. 1973. Mesquite: growth and development management, economics, control, uses. Texas, A. & M. University. Research Monograph I. 84 p.

- SEDESOL. 1994. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993-1994. SEDESOL-INE, México. 69-77 p.
- SEMARNAP. 1995. Programa Sectorial 1995-2000. Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos 21 p
- Serrato C., J.S. 1986. Efecto de la utilización de cuatro niveles de harina de vaina de mezquite (*Prosopis juliflora* Sw) en dietas para cerdos en engorda. Tesis Maestría esp. Producción Animal. UANL, México. 43 p.
- Sharma, U.S.; S. Sharma; S.D. Sharma; S.D. Upadhyaya y P.K. Nigam. 1994. Seed dormancy in relation to pod maturity of *Leucaena leucocephala*. Nitrogen-Fixing Tree Researchs Reports. 12:111-113.
- Signoret, P.J. 1970. Datos sobre algunas características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata*) y su aprovechamiento en el Valle del Mezquital. In: Mezquites y Huizaches. IMRNR, México. pp 71-146.
- Southgate, B.J. 1983. Manual sobre insectos que atacan a las semillas de *Acacia*. FAO, Roma, Italia. 32 p.
- Staden, J.V.; J.C. Manning and K.M. Kelly. 1989 Legume seeds -The structure: function equation. In: C. H. Stirton & J.L. Zarucchi (Eds.). Advances in Legume Botany. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 29:417-450.
- Steel D., R.G. y J.H. Torrie. 1992. Bioestadística, Principios y Procedimientos. 2da. ed. McGraw-Hill, México. 622 p.
- Tapia, F.; A., Monroy y P. Mercado. 1993. Variación en el contenido de ADN según la latitud en 3 poblaciones de mezquite *Prosopis laevigata*. Mem. del XIII Coloquio de Investigación. ENEP-Iztacala, UNAM. p 66.
- Vázquez - A., A. y N. Bautista-A. 1993. Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua. Depto. de Suelos, UACH., Chapingo, México. 29 p.
- Vázquez - Y., C. 1987. Los bancos de almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Ciencia, México. 38:239-246.
- Vázquez - Y., C. y J.R. Toledo. 1989. El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Problemas y aplicaciones. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 49:61-69.
- Vázquez -Y.,C. 1992. El almacenamiento prolongado de semillas: necesidad impostergable. Ciencia y Desarrollo. 17(106):33-39.
- Vázquez- Y., C. y A.I. Batis. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58:75-84.
- Vicente C., C. 1976. Fisiología Vegetal. Ed. Científico - Técnica, La Habana, Cuba. 439 p.
- Villagómez A., Y. 1978. Pruebas de semillas forestales y su aplicación en vivero. Memorias de la Primera Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. SARH., Dirección General de Investigación y Capacitación Forestales. Publicación Especial Núm. 13, Diciembre. 103-109 p.
- Villagómez A.,Y.; R. Villaseñor R. y J.R. Salinas M. 1979. Lineamientos para el funcionamiento de un laboratorio de semillas. Inst. Nal. Inv. For. # 48, 23 p.
- Villanueva D.,J. 1993. Distribución actual y características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata*) en el Estado de S. L. P. Boletín Divulgativo No. 74. SARH. INIFAP. Coyoacán, México. 36 p.
- Villanueva D.,J. 1997. Aprovechamiento, manejo y propagación del mezquite para producción de leña, forraje y madera en zonas áridas. Tecnología Llave en mano. División Forestal, INIFAP, SAGAR, México. 97-98 pp.
- Zárate P.,S. y M. Sousa. 1978. Variación geográfica de *Leucaena* en México. Resumen de los trabajos del VII Congr. Méx. Bot. Resumen 22, p 12-13.
- Zárate P.,S. 1982. Las especies de *Leucaena* Benth. de Oaxaca con notas sobre la sistemática del género para México. Tesis Licenciatura, Fac. de Ciencias, UNAM, México. 167 p.
- Zárate P.,S. 1987 Taxonomic identity of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit with a new combination Phytologia. 63:304-306.
- Zárate P.,S. 1994 Revisión del género *Leucaena* Benth. en México. Annales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Botánica. 65:83-162.
- Zárate P., S. 1997. Domestication of cultivated *Leucaena* (Leguminosae) in Mexico. The sixteenth century documents Economic Botany. 51:175-186.