

# Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México

Julio César Ríos Saucedo, Ramón Trucíos Caciano,  
Luis Manuel Valenzuela Núñez, Gabriel Sosa Pérez, Rigoberto Rosales Serna



**CENID-RASPA**

Gómez Palacio, Dgo. Diciembre de 2011

Libro Técnico Num. 08

Serie: MX-0-250503-20-10-00-09-08

ISBN: 978-607-425-722-9



Vivir Mejor

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SAGARPA**



## **DIRECTORIO INSTITUCIONAL**

### **SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Lic. Francisco Javier Mayorga Castañeda  
Secretario

M. Sc. Mariano Ruiz-Funes Macedo  
Subsecretario de Agricultura

Ing. Ignacio Rivera Rodríguez  
Subsecretario de Desarrollo Rural

Ing. Ernesto Fernández Arias  
Subsecretario de Fomento a los Agronegocios

M. Sc. Jesús Antonio Berumen Preciado  
Oficial Mayor

### **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos  
Director General

Dr. Salvador Fernández Rivera  
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. Sc. Arturo Cruz Vázquez  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Lic. Marcial A. García Morteo  
Coordinador de Administración y Sistemas

### **CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA-ATMÓSFERA**

Dr. José Antonio Cueto Wong  
Director

# **Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México**

## **Editores:**

M. C. Julio César Ríos Saucedo  
M. C. Ramón Trucíos Caciano  
Dr. Luis Manuel Valenzuela Núñez  
M. C. Gabriel Sosa Pérez  
Dr. Rigoberto Rosales Serna



**CENID - RASPA**

**2011**

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias**

Progreso N°. 5, Barrio de Santa Catarina  
Delegación Coyoacán, C. P. 04010 México D. F.  
Teléfono (55) 3871-8700

ISBN: 978-607-425-722-9

Primera Edición 2011

Derechos Reservados ©

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

## PRESENTACIÓN

La presente publicación es parte de los resultados de dos años de esfuerzo y dedicación por parte de un grupo de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Representa un esfuerzo conjunto de investigadores que laboran en los Campos Experimentales del Valle de Guadiana (Durango, Dgo.), Sierra de Chihuahua (Cuauhtémoc, Chih.), Sitio Experimental Aldama (Chihuahua, Chih.) y del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA), este último en Gómez Palacio, Durango. En este libro se muestran los avances científicos y tecnológicos que se obtuvieron a partir del estudio de poblaciones naturales de mezquite del norte-centro de México. Se corroboró que los habitantes de esta región aprovechan esta especie para sombreado, delimitación de terrenos y obtención de leña, carbón, miel y alimento para animales domésticos.

El mezquite es una fuente importante de ingresos económicos, provee nutrientes y contribuye a mantener el equilibrio ecológico en regiones, desérticas y semidesérticas, donde es difícil la sobrevivencia de especies vegetales y animales. A pesar de lo anterior, se considera que se ha realizado un uso desordenado de las poblaciones de mezquite, lo cual ha reducido la superficie vegetada por esta especie, a pesar de su importancia ecológica, social y económica. Se estableció que el aprovechamiento sustentable del mezquite puede proporcionar importantes beneficios económicos a los pobladores de áreas marginales del norte-centro de México y además contribuir en la conservación del ambiente en la región.

El conocimiento de la diversidad genética y el desarrollo de tecnología para el manejo eficiente contribuirán en el manejo sustentable de las poblaciones de mezquite. Las tecnologías generadas en el estudio, las cuales son descritas en esta publicación, se ubican en áreas como diversidad genética, producción de semilla y plántulas, reforestación, determinación de áreas de adaptación del mezquite mediante sistemas de información geográfica, dasometría, tablas de volumen maderable y ubicación de sitios potenciales de adaptación. Con dichos estudios se busca incrementar el conocimiento y mejorar la caracterización de las poblaciones de mezquite. Con ello, se espera proporcionar bienestar a los habitantes de áreas marginales y además contribuir en la conservación del ambiente en la región norte-centro de México.

Dr. José Antonio Cueto Wong

Director del CENID-RASPA



## PRÓLOGO

El objetivo primordial de este libro es la difusión del conocimiento científico y tecnológico generado a partir de estudios realizados en la región norte-centro de México, especialmente en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas. La finalidad de la investigación realizada en dichos estados fue desarrollar, validar y transferir tecnologías que permitan la implementación de un sistema eficiente y sustentable para la utilización de las poblaciones de mezquite. Para lograrlo, se realizaron actividades encaminadas a actualizar las cifras de la superficie vegetada por mezquite, se caracterizó la diversidad genética y se generó tecnología para recolectar semilla y producir planta en condiciones de vivero. Además, las evaluaciones dasométricas realizadas durante el estudio resultaron útiles para generar tablas de volumen maderable y con ello fue posible desarrollar modelos para estimar captura de carbono y predecir la productividad de madera y carbón.

La convivencia constante con los pobladores de áreas donde el mezquite es considerado como un recurso importante permitió la difusión de técnicas para la elaboración de artesanías y carbón, lo cual representó una capacitación importante para generar empleo y obtener beneficios directos a partir del uso sustentable del mezquite. Otro resultado importante fue el establecimiento de la necesidad de establecer un sistema de manejo para el uso sustentable del mezquite, debido a la perturbación detectada en las poblaciones naturales de esta especie y la ineficiencia en los programas de reforestación. En los estudios de diversidad se encontraron dos especies predominantes, las cuales mostraron fuerte variación morfológica y esto hace necesario un estudio taxonómico profundo para diferenciar especies y caracterizar individuos sobresalientes, los cuales pueden ser usados en el mejoramiento de la producción de madera, vainas, miel y goma.

La tecnología validada para recolectar vainas y extraer sus semillas incrementó la eficiencia en la obtención de semilla para la producción de planta en condiciones de vivero. Se seleccionaron contenedores y sustratos para la producción eficiente de plantas en vivero y con base en las observaciones se estableció que la altura mínima de la planta debe ser 45 cm para incrementar el porcentaje de sobrevivencia en campo. Los problemas principales que causan la baja sobrevivencia en campo son los predadores y el estrés de humedad causado por la escasa y errática precipitación, en combinación con suelos pobres, variaciones en el clima y carencia de métodos de retención de agua en el suelo.

Las evaluaciones dasométricas, permitieron la clasificación de rodales en diferentes ambientes de crecimiento de las poblaciones naturales de mezquite. Estas evaluaciones, combinadas con pruebas de campo, permitieron la generación de tablas de volumen, con las cuales fue posible predecir los niveles de captura de carbono y establecer la productividad de

madera y carbón. Se considera que la presente publicación representa un avance sustancial sobre el conocimiento del mezquite y con ello se contribuirá en la revaloración de la especie y la implementación de sistemas de manejo que permitan su uso sustentable. Además, contribuirá en la generación de empleos y beneficios económicos para las poblaciones humanas que habitan áreas marginales donde el mezquite muestra adaptación y constituye una fuente de riqueza potencial.

Dr. José Villanueva Díaz

Investigador CENID-RASPA

Laboratorio de Dendrocronología

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico otorgado por el fondo sectorial CONAFOR-CONACYT a través del proyecto GENERACIÓN, VALIDACIÓN Y/O DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL MEZQUITE EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO (Clave 115942).



De igual forma se agradece a los dueños de predios ejidales y pequeñas propiedades que permitieron el registro de datos, los cuales sirvieron como materia prima para obtener los resultados reportados en esta publicación.



# CONTENIDO

---

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>i</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>v</b>
<b>I Diversidad genética en poblaciones naturales de mezquite del norte-centro de México .....</b>	<b>1</b>
<b>II Distribución espacial y cambio de uso de suelo en poblaciones naturales de mezquite .....</b>	<b>21</b>
<b>III Lineamientos técnicos para el aprovechamiento del mezquite .....</b>	<b>49</b>
<b>IV Conservación y manejo de germoplasma del mezquite .....</b>	<b>79</b>
<b>V Metodología para la estimación de volumen, biomasa y carbono para mezquite en la región norte-centro de México .....</b>	<b>107</b>
<b>VI Dasometría de áreas mezquiteras en el norte-centro de México .....</b>	<b>135</b>
<b>VII Diagnóstico y técnicas de reforestación .....</b>	<b>173</b>
<b>VIII Áreas potenciales para desarrollo y aprovechamiento de mezquite .....</b>	<b>199</b>



# CAPÍTULO I

## DIVERSIDAD GENÉTICA EN POBLACIONES NATURALES DE MEZQUITE DEL NORTE- CENTRO DE MÉXICO



Rigoberto Rosales Serna

Luis Manuel Valenzuela Núñez

Julio César Ríos Saucedo

Rafael Jiménez Ocampo

Jesús Martín Ibarra Flores



## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las especies de mezquite son originarias del continente Americano, donde puede encontrarse amplia diversidad genética para diferentes especies del género *Prosopis* ( $2n=28$ ) (Trenchard *et al.*, 2008). Las plantas de este género pertenecen a la familia de las leguminosas (Leguminosae =Fabaceae), las cuales son fácilmente distinguibles por la producción de vainas con semillas. El mezquite pertenece a la sub-familia Mimosoideae, las cuales tienen hojas pequeñas, pinnadas, compuestas y producen flores pequeñas agrupadas en inflorescencias. Se reconocen 44 especies del género *Prosopis* a nivel mundial (Fagg y Stewart, 1994; Rzedowski, 1988) y 40 de las especies conocidas de mezquite son predominantemente del continente Americano; sólo tres crecen y se desarrollan naturalmente en Asia y una está delimitada a África (Beresford-Jones, 2004).

En el continente americano es posible encontrar poblaciones naturales de diferentes especies de mezquite desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina y Chile, en Sudamérica (Ffolliot y Thames, 1983; De Ataide, 1988; Beresford-Jones, 2004; Burghardt y Espert, 2007). Además, la utilización de la diversidad, movilización de semilla y la recombinación genética del mezquite han permitido la generación de híbridos interespecíficos, con características intermedias entre especies (Ffolliot y Thames, 1983). En México, se conoce como mezquite a diferentes especies del género *Prosopis*, entre las cuales, las más comunes en el norte-centro de México son *P. laevigata* y *P. glandulosa* (Valenzuela *et al.*, 2011). El mezquite en México, muestra plantas arbustivas y arbóreas, capaces de fijar nitrógeno atmosférico, parcial o completamente deciduas, resistentes a sequía, comúnmente observadas a lo largo de fuentes de agua y que forman parte importante de la vida natural de ecosistemas semi-desérticos.

Existen trabajos completos sobre el género *Prosopis* (Burkart, 1976) y a pesar de ello, la taxonomía de esta especie es compleja y en varios aspectos está inconclusa y sujeta a revisión (Pasicznik *et al.*, 2001; Burghardt y Espert, 2007). En la diferenciación de especies, poblaciones e individuos de mezquite es posible utilizar marcadores morfológicos, bioquímicos y moleculares (Juárez *et al.*, 2006; Burghardt y Espert, 2007; Foroughbakhch *et al.*, 2010; Valenzuela *et al.*, 2011). Los atributos morfológicos muestran mayor facilidad de utilización en un alto número de sitios de evaluación debido a que su implementación requiere de equipo sencillo e insumos y capacitación de bajo costo. A pesar de lo anterior, la caracterización basada únicamente en atributos morfológicos puede ocasionar errores debido a la fuerte variación de la respuesta del género *Prosopis* a los ambientes ecológicos donde crece y se desarrolla (Ibrahim, 1992).

Se ha propuesto la necesidad de clarificar la taxonomía del mezquite (Pasicznik *et al.*, 2001; Burghardt y Espert, 2007), mediante el agrupamiento de las especies en complejos de especies

simpátricas y estrechamente relacionadas geográficamente, utilidad del recurso y caracterización molecular. Este enfoque produjo dos complejos en México, el primero, denominado complejo *P. glandulosa*, incluyó las poblaciones de mezquite del sur de los Estados Unidos, Baja California Norte, Sonora, Chihuahua, Coahuila y norte de Tamaulipas. El otro complejo, *P. juliflora*-*P. pallida*, incluyó las poblaciones de mezquite del centro y sur de México, las cuales muestran algunos traslapes con las especies del norte (Beresford-Jones, 2004).

En el complejo *P. glandulosa* (Beresford-Jones, 2004) es posible apreciar diversidad genética amplia, la cual requiere de métodos que permitan su diferenciación y clasificación. Para evaluar la diversidad genética del mezquite, en algunos estudios se han utilizado descriptores morfológicos (Burghardt y Espert, 2007; Valenzuela *et al.*, 2011) y moleculares (Juárez *et al.*, 2006; Burghardt y Espert, 2007). Aunque la caracterización en ambos casos requiere de una mayor cantidad de estudios que permitan la selección de atributos útiles en diferenciación de poblaciones e individuos, con la finalidad de esclarecer la existencia de diferentes complejos, géneros y especies de mezquite en el norte-centro de México.

Para usar atributos morfológicos en estudios de diversidad genética, comparables entre sí, es necesario establecer una guía estándar para la caracterización del germoplasma de mezquite (Valenzuela *et al.*, 2011). Dicha guía deberá ser validada para establecer el nivel de precisión obtenida en la diferenciación de poblaciones y árboles superiores para su uso en el mejoramiento genético del mezquite. Existen diferentes estudios en los que se han utilizado características morfológicas de espinas, hojas, flores, frutos y semillas del género *Prosopis* para el estudio de especies, poblaciones e individuos (Ffolliott y Thames, 1983; Palacios, 2006; Verga *et al.*, 2009; Foroughbakhch *et al.*, 2010; Valenzuela *et al.*, 2011). En la región norte-centro, se realizaron algunos estudios para establecer la diversidad genética del mezquite, con base en caracteres morfológicos incluidos en una guía compilada localmente (Valenzuela *et al.*, 2011).

Los resultados obtenidos con base en marcadores morfológicos realizados en el norte-centro de México demostraron que existen dos especies, fácilmente diferenciables e individuos recombinantes, con características intermedias (Figura 1). Se estableció que *P. laevigata* [(Humb. et Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston] y *P. glandulosa* Torr., son las especies que predominan en esa región, que incluye los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas (Ffolliott y Thames, 1983; Cervantes, 2002; López-Franco, 2006; Palacios, 2006; Valenzuela *et al.*, 2011). El grupo I, perteneciente a *P. laevigata*, predominó en Viesca y San Pedro de las Colonias, en Coahuila; Cuencamé y San Juan de Guadalupe, en Durango; así como en Nieves y Río Grande, en el estado de Zacatecas.

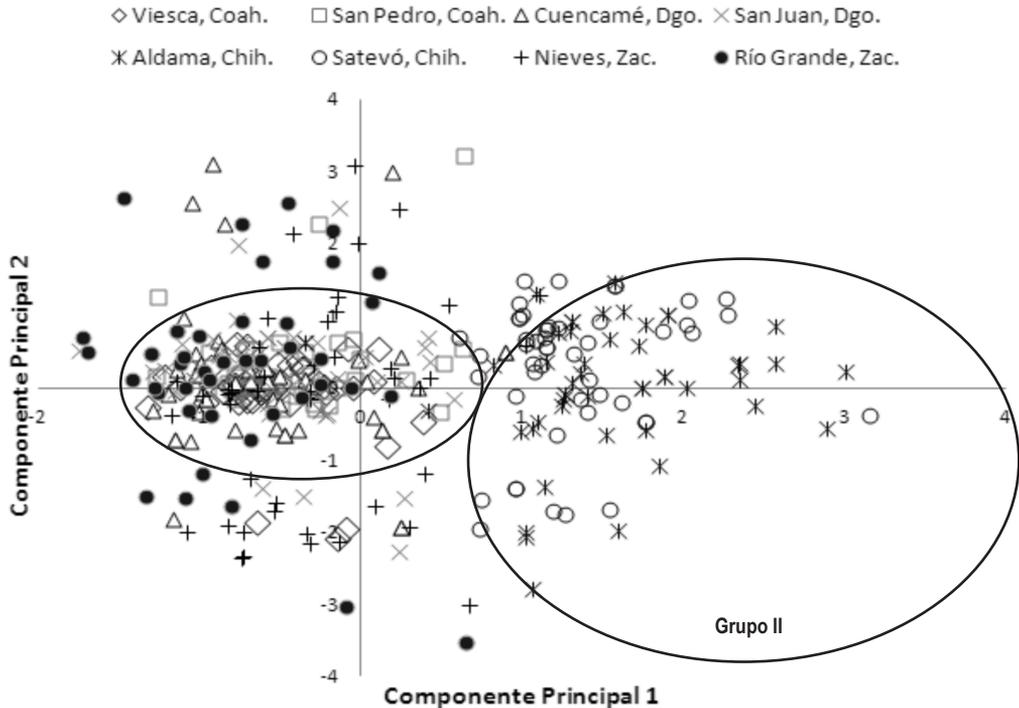


Figura 1.1. Componentes principales 1 y 2 correspondientes a 13 variables evaluadas en poblaciones de mezquite en Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.

En Aldama y Satevó, Chihuahua, se observó una separación clara de las poblaciones de mezquite, debido a que éstas pertenecen a la especie *P. glandulosa* (Figura 1.1, Grupo II). Se estableció que la guía para la caracterización de especies y árboles de mezquite, compilada localmente, funcionó de manera adecuada, aunque se deben incluir atributos de la inflorescencia, fruto y semilla para incrementar el nivel de precisión en la caracterización de las poblaciones que vegetan la región norte-centro. En esta región se estimó una superficie total vegetada con mezquite de 262,195 ha (Trucíos *et al.*, 2010), la cual es utilizada para obtener sombra, leña, madera, vainas, miel, goma y carbón (Gómez *et al.*, 1970; Rodríguez y Maldonado, 1996; Cervantes, 2002; Bakewell-Stone, 2006; Valenzuela *et al.*, 2010).

## TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL MEZQUITE

Las especies de mezquite más comunes en el norte-centro de México son *Prosopis laevigata* y *P. glandulosa* (Valenzuela *et al.*, 2011). Algunos reportes establecen que estas especies pueden diferenciarse fácilmente con base en la longitud del folíolo, el cual es más largo en *P. glandulosa* que *P. laevigata* (Johnston, 1962). Debido a la complejidad en la diferenciación de especies de mezquite y a la falta de actualización, se menciona muy a menudo la existencia de poblaciones de *P. juliflora*, la cual fue reclasificada como *P. laevigata* (López-Franco *et al.*, 2006). Además, es posible que se

omita la existencia de algunas especies debido al desconocimiento de los caracteres propios de cada una de ellas.

Por ello, a pesar de la predominancia de *Prosopis laevigata* y *P. glandulosa* en el norte-centro de México, se han detectado poblaciones de *P. pubescens* en la región norte de Chihuahua; *P. laevigata* en Aguascalientes, Durango, Zacatecas; *P. glandulosa* var. *glandulosa* en Coahuila y Chihuahua; *P. glandulosa* var. *torreyana* en Chihuahua, Coahuila y Zacatecas (López-Franco *et al.*, 2006). En Chihuahua, se ha reportado también la presencia de *P. palmeri* y *P. articulata* (Lebgue, 2005). A continuación se muestra la descripción taxonómica del mezquite (Ffolliott y Thames, 1983) y son mencionados algunos aspectos relevantes de las especies para las cuales se ha reportado presencia en la región norte-centro de México, con la finalidad de revisar similitudes y diferencias, que permitan avanzar en la clasificación más precisa de las poblaciones de esta especie.

Reino: Vegetal (Plantae)

Sub-reino: Traqueobionta (Plantas vasculares)

Superdivisión: *Spermatophyta* (Plantas con semilla)

División: Magnoliophyta (Plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

Sub-clase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae (Leguminosas)

Género: *Prosopis*

Especies: *P. articulata*, *P. glandulosa* var. *glandulosa* Torr., *P. glandulosa* var. *torreyana*, *P. laevigata*, *P. palmeri* y *P. pubescens* (Lebgue, 2005).

### **Descripción botánica de *Prosopis articulata***

Nombre científico: *Prosopis articulata* S. Watson.

Nombre común: Mezquite.

Sinónimo: *Neltuma articulata* (S. Watson) Britton & Rose; *Neltuma pazensis* Britton & Rose; *Prosopis juliflora* var. *articulata* (S. Watson) Wiggins; *Prosopis pazensis* (Britton & Rose) Wiggins.

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae).

Variedades: Se carece de reporte de variedades.

**Tallo:** Es un arbusto erguido de 2 m de altura, el cual puede alcanzar 5 m de altura en el tallo principal y presentar múltiples ramificaciones. El tronco es corto, con corteza lisa y parda; mientras que las ramas presentan corteza verdosa. Las espinas son axilares, se presentan en pares y tienen entre 0.3 y 3 cm de largo.

**Hojas:** Es común que las hojas tengan un par de pinnas, aunque en ocasiones se observan dos. Los pecíolos son de 0.2 a 2.5 cm de longitud y las pinnas miden entre 0.4 y 6.5 cm de largo. Los folíolos son de 2.5 cm de largo, 1.2 a 3.5 mm de ancho, tienen forma linear-elíptica, levemente lanosos y mayormente glabros. Los folíolos a lo largo del raquis se encuentran dispuestos a distancias ligeramente inferiores a su propio ancho.

**Inflorescencia:** Los racimos son de 4 a 9 cm de largo y muestran la misma longitud que las hojas, aunque en ocasiones son mayores. Las flores son pequeñas, numerosas y de color amarillo. Los pétalos son libres, de 3.5 a 4 mm de largo y con un ápice vellosa. El ovario es ínfero y pubescente.

**Vaina y semilla:** La vaina es seca, linear, aplanada, amarilla y ocasionalmente con tinte violeta. Tiene entre 10 y 24 mm de largo y 5 a 8 mm de ancho (Maldonado, 1988). Los segmentos son elípticos, fusiformes, tienen de 1 a 1.8 cm de largo y las constricciones son de 1 a 5 mm de ancho. El pericarpio es poco lanoso y ocasionalmente glabro. El pericarpio es longitudinalmente fibroso y el endocarpio es delgado, flexible, liso y de color blanquecino. Las semillas son longitudinalmente elípticas, tienen de 7 a 8 mm de largo y muestran tonos pardos. El fruto es de sabor amargo por lo cual se conoce como “mezquite amargo”.

### **Descripción botánica de *Prosopis glandulosa***

Nombre científico: *Prosopis glandulosa* Torrey

Nombre común: Mezquite.

Sinónimo: *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntz; *P. Odorata* Torr. y Frém. (OU, 1999); *P. juliflora* (ARMC, 2001).

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae)

Varietades: Se han diferenciado tres variedades de esta especie (Steinberg, 2001), que son:

*Prosopis glandulosa* Torr. var. *glandulosa*

*Prosopis glandulosa* Torr. var. *prostrata* Burkart

*Prosopis glandulosa* Torr. var. *torreyana* (L. Benson) M. C. Johnston

En la región norte-centro de México, únicamente se ha detectado la presencia de las especies *Prosopis glandulosa* Torr. var. *glandulosa* y *Prosopis glandulosa* Torr. var. *torreyana* (L. Benson) M. C. Johnston.

**Tallo y raíz:** Los individuos de mayor tamaño crecen en rodales abiertos, en donde pueden alcanzar alturas de 7 a 13 m. Existe también un tipo arbustivo, con una altura entre 2 y 5 m, que comúnmente invade las tierras de pastoreo. En rodales densos y sobre sitios arenosos se convierte en un arbusto con varios tallos. Las espinas son axilares, tienen de 1 a 4.5 cm de largo y se encuentran a veces en pares, pero por lo común son solitarias. Se ha observado que algunos árboles de esta especie tienen pocas espinas.

**Hojas:** Las hojas son alternas, glabras, tienen de 6 a 17 cm de largo y muestran entre uno y dos pares de pinnas, las cuales tienen entre 6 y 17 pares de folíolos cada una. El largo de los folíolos varía entre 1 y 4 cm, lo cual es 5 a 12 veces mayor que el ancho. Los folíolos se distribuyen a lo largo del raquis, en distancias iguales o mayores de su ancho, y son lineares u oblongos, obtusiformes y con una notable nervadura inferior.

**Inflorescencia:** La inflorescencia es un racimo espigado con una longitud entre 5 y 14 cm. Los pétalos florales son de 2.5 a 3.5 mm de largo y el ovario es veloso.

**Vaina y semilla:** La vaina es linear, aplanada, amarilla y tiene dimensiones entre 10 y 20 cm de largo, 1 cm de ancho y 0.5 cm de grosor. Puede ser recta, aunque en ocasiones muestra algo de curvatura. El pericarpio es duro y se encuentra dispuesto sobre un mesocarpio pulposo y dulce. Las vainas contienen 5 a 18 semillas ovaladas, de tonalidad parda y tienen 5 mm de ancho, 7 mm de largo y 2 mm de grosor.

Esta especie se distribuye ampliamente en México, extendiéndose hacia el noroeste, donde se adentra en los Estados Unidos América. Crece bien a lo largo de los drenajes en zonas donde la lluvia es inferior a los 150 mm y persiste sobre las tierras altas, sobre áreas neutras y alcalinas donde la lluvia supera los 750 mm. Además, se la encuentra en alturas de 1,500 m en áreas donde hay más de 200 días libres de heladas.

Los árboles de esta especie son aptos para la obtención de forraje útil en la alimentación del ganado, leña y puede usarse como fuente de néctar para abejas. Se considera una maleza, puesto que esta especie ha invadido los pastizales, lo cual ha generado la organización de intensos programas de erradicación (ARMC, 2001). A pesar de lo anterior, la propagación de la especie ha continuado, debido a que paradójicamente el ganado es el factor más importante para la dispersión de semillas de mezquite en los pastizales.

#### **Descripción botánica de *P. glandulosa* Torr. var. *glandulosa* (*Prosopis glandulosa* Torrey)**

**Tallo y raíz:** Los individuos de mayor tamaño crecen en rodales abiertos donde pueden alcanzar alturas de 7 a 13 m. Existe también un tipo arbustivo, con una altura entre 2 y 5 m, que comúnmente invade las tierras de pastoreo. En rodales densos y sobre sitios arenosos se convierte en un arbusto con varios tallos. Las espinas son axilares de 1 a 4.5 cm de largo; se encuentran a veces en pares, pero por lo común son solitarias. Se ha observado que algunos árboles de esta especie tienen pocas espinas.

**Hojas:** Las hojas son glabras, tienen de 6 a 17 cm de largo, muestran entre uno y dos pares de pinnas, las cuales tienen entre 6 y 17 pares de folíolos cada una. El largo de los folíolos varía entre 1 y 4 cm, lo cual es 5 a 12 veces mayor que el ancho. Los folíolos se distribuyen a lo largo del raquis a distancias iguales o mayores de su ancho, y ellos son lineares u oblongos, obtusiformes y con una notable nervadura inferior.

La distribución, el hábitat y los usos de esta variedad son similares a los de *P. glandulosa*. La variedad se diferencia principalmente por las características de las hojas. Los folíolos en *P. glandulosa* var. *torreyana* son de 15 a 25 mm de largo, 5 a 8 veces más largos que anchos y de 10 a 15 pares por pinna. En contraste, los folíolos de *P. glandulosa* var. *glandulosa* son por lo general de 30 a 45 mm de largo, 8 a 15 veces más largos que anchos y en 6 a 13 pares por pinna.

**Inflorescencia:** La inflorescencia es un racimo espiciforme con una longitud entre 5 y 14 cm. Los pétalos florales son de 2.5 a 3.5 mm de largo y el ovario es veloso.

**Vaina y semilla:** La vaina es linear, aplanada, amarilla y tiene dimensiones entre 10 y 20 cm de largo, 1 cm de ancho y 0.5 cm de grosor. Puede ser recta y en ocasiones muestra algo de curvatura. El pericarpio es duro sobre un mesocarpio pulposo y dulce. Las vainas contienen 5 a 18 semillas ovaladas, de tonalidad parda y tienen 5 mm de ancho, 7 mm de largo y 2 mm de grosor.

### **Descripción botánica de *Prosopis glandulosa* var. *torreyana***

Nombre científico: **de *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* (Benson) Johnston.**

Nombre común: Mezquite.

Sinónimo: *Prosopis juliflora* (Swartz) A. P. de Candolle var. *torreyana* L. Benson (Kleinman y Zimmerman, 2011).

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae)

Varietades: Se carece de reportes de variedades.

**Tallo y raíz:** Es una especie decidua, espinosa, arbustiva o arbórea, la cual muestra un alto grado de variación en formas de crecimiento. Las formas más comunes son la de árbol de tallo sencillo, tallo múltiple arbustiforme, árbol pequeño y arbusto decumbente. La forma de árbol de tallo simple puede alcanzar entre 6 y 12 m de altura y muestra ramas torcidas y caídas. La forma arbustiforme de tallo múltiple de tallos múltiple muestra entre 3 y 5 m de altura. Los árboles más altos se encuentran principalmente a lo largo de cursos de agua y terrenos planos inundables, donde las raíces tienen acceso a fuentes de agua.

Todas las formas de crecimiento de esta especie de mezquite tienen dominancia apical y una copa bien definida. En áreas y árboles sin perturbar se desarrollan especímenes con tallo simple. Si la parte aérea es dañada por efectos de heladas, sequía, fuego, pisoteo, poda o aplicación de herbicida, entonces los brotes en dormancia localizados en el tallo subterráneo inician de nuevo el

crecimiento, lo cual resulta en la forma de múltiples tallos. Las espinas pueden alcanzar entre 2.5 y 5 cm de largo y ocurren de manera individual en las ramas jóvenes.

La raíz del mezquite muestra crecimiento que supera a la parte aérea, por lo cual esta especie es considerada como freatofita facultativa. Ese atributo permite a los árboles de esta especie extraer humedad de un volumen considerable del suelo por medio de un sistema radical bien desarrollado. La raíz principal del mezquite alcanza 12 m cuando es posible obtener agua en las capas superiores del suelo, aunque se pueden observar profundidades de hasta 58 m en sitios con humedad limitada (Sosebee y Wan, 1989; Steinberg, 2001). En áreas donde el suelo es superficial, la raíz principal crece hasta donde el suelo permite y entonces se puede apreciar un sistema extensivo de raíces laterales que pueden alcanzar hasta 18 m. Como es una leguminosa, el mezquite es capaz de albergar bacterias fijadoras de nitrógeno en nódulos observados en sus raíces y éstas son colonizadas también por micorrizas arbusculares (Bainbridge *et al.*, 1990).

**Hojas:** Las hojas representan el principal atributo para la diferenciación entre variedades de esta especie. Los folíolos en *P. glandulosa* var. *torreyana* son de 15 a 25 mm de largo, 5 a 8 veces más largos que anchos y de 10 a 15 pares por pinna. Los folíolos de *P. glandulosa* var. *glandulosa* son por lo general de 30 a 45 mm de largo, 8 a 15 veces más largos que anchos y en 6 a 13 pares por pinna (Ffolliot y Thames, 1983).

**Inflorescencia:** Las flores se presentan en un racimo espiciforme de 7 cm de longitud y muestran color amarillo-crema.

**Vaina y semilla.** Las vainas son indehiscentes, aplanadas, rectas (ocasionalmente curvas) y tienen una longitud entre 10 y 20 cm. Las semillas son ovales y tienen 5 mm de ancho, 7 mm de longitud y 2 mm de grosor.

### **Descripción botánica de *Prosopis juliflora***

Nombre científico: ***Prosopis juliflora* (Swartz) D. C.**

Nombre común: Mezquite.

Sinónimos: *Algarobia juliflora* (Swartz) Benth. Ex Heyne, *Mimosa juliflora* Swartz., *Mimosa salinarum* Vahl., *Neltuma juliflora* (Swartz) Rafinesque, *Prosopis cumanensis* (H. & B. ex Willd.) H. B. K., *Prosopis dominguensis* D. C., *Prosopis dulcis* var. *dominguensis* (D. C.) Benth; *Prosopis vidaliana* A. Naves (Muturi y Goudzwaard, 2011) y *Acacia juliflora* (Sw.) Willd. (Pasiiecznik *et al.*, 2004).

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae)

Variedades: *Prosopis juliflora* var. *horrida* (Kunth) Burkart; *Prosopis juliflora* var. *inermis* (H.B.K.) Burkart.

**Tallo y raíz:** La planta muestra crecimiento arbustivo y arbóreo, con 2 a 20 m de altura, 20-150 cm de fuste, copa de forma semi-redonda y aplanada. La corteza del tallo es lisa, levemente fisurada

y tiene color pardo. Las espinas son axilares, geminadas y se encuentran dispuestas en pares, aunque en ocasiones pueden ser solitarias y algunas ramas carecen de ellas. La longitud de las espinas varía entre 0.5 y 5 cm; las más largas se encuentran sobre fuertes brotes basales. Las raíces muestran comúnmente el crecimiento de tipo lateral.

**Hojas:** Las hojas tienen de uno a cuatro pares de pinnas, las cuales cuentan con 10 a 16 pares de folíolos. Los pecíolos y raquis miden 0.5 a 7.5 cm de largo. Los folíolos son elíptico-oblongos, comúnmente glabros y miden de 6 a 23 mm de largo y 1.6 a 5.5 mm de ancho. Las hojas tienen tamaño de mediano a grande, muestran entre 10 y 20 cm de longitud y son amplias y laxas. Se observan en promedio tres pares de pinnas, con un intervalo de 2 a 4 por hoja, las cuales tienen de 6 a 8 cm de longitud. El número de pares de folíolos son entre 9 y 17, los cuales son ligeramente pubescentes, distanciados de 4 a 8 mm, tienen forma oblonga y son lineales, obtusos, submucronados y sus dimensiones son 5-15 mm de largo por 3-5 mm de ancho. Presenta glándulas verdosas con poro apical en la unión de las pinnas, igualmente glándulas más pequeñas en unión de los folíolos.

**Inflorescencia:** Los racimos muestran forma espiciforme casi cilíndrica, miden de 7 a 15 cm de largo y muestran flores blanco-verdosas, las cuales cambian al amarillo claro hacia la madurez reproductiva. El cáliz mide de 0.8 a 1 mm de largo y tiene pequeños dientes ciliados. Los pétalos de la flor tienen de 2.5 a 3 mm de largo y son vellosos en el interior, pero glabros en el exterior. Los estambres (10) son libres y miden de 4 a 5 mm de largo. Las flores, son de color blanco verdosas y cáliz pentadentado. Los pétalos son libres, lineales, agudos y tienen 3 mm de longitud. El ovario es estipitado y tiene estilo filiforme.

**Vaina y semilla:** La vaina es lineal, comprimida y recta, pero falcada en el ápice. En algunos individuos este fruto puede tener curvas y tomar la forma de hoz. La vaina de esta especie es carnosa, dulce y muestra variación en las tonalidades entre el color amarillo a amarillo-marrón. Las dimensiones varían entre 8 y 29 cm de longitud, 9 a 18 mm de ancho y 4 a 8 mm de grosor. Mientras la vaina es inmadura, las semillas aparecen como prominencias redondeadas y bajas, situadas longitudinalmente en la parte media de la vaina. Con el tiempo, la vaina se engruesa, se pone pulposa y deja de verse el contorno de las semillas.

El endocarpio puede tener hasta 25 segmentos rectangulares, con bordes redondeados. Las semillas de esta especie son ovaladas, muestran coloración de tonalidades pardas y miden en promedio 6 mm de longitud y 5 mm de ancho. Esta especie pertenece a la sección Algarobia de los mezquites (Pasiiecznik *et al.*, 2001) y como otros miembros de este grupo, es muy variable, por lo que se considera que requiere de mucha labor taxonómica (Folliot y Thames, 1983; Landeras *et al.*, 2006) para su ordenamiento.

### **Descripción botánica de *Prosopis laevigata***

Nombre científico: *Prosopis laevigata* (Humboldt et Barpland ex Willd.) M. C. Johnst.

Nombre común: Mezquite.

Sinónimo: *Prosopis dulcis* Kunth.

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae).

Varietades: En México existe *P. laevigata* var. *torreyana*=*P. glandulosa* var. *torreyana* (Flores y Yeaton, 2000; López-Franco *et al.*, 2006) y en sud-América se pueden observar poblaciones de *P. laevigata* var. *andicola* (Lieberman y Pedrotti, 2006).

**Tallo y raíz:** La planta es leñosa y es posible observarla como arbusto de entre 2 y 3 m, pero puede crecer en forma arbórea hasta una altura de 6 a 14 m. Las ramas de crecimiento reciente son glabras y presentan espinas axilares de crecimiento lateral (Cedillo y Mayoral, 1997). La raíz es profunda y el tallo se ramifica a baja altura, en ocasiones a nivel del suelo. La madera es dura y pesada, en el centro es café o negra, muy durable por su fuerza y consistencia.

**Hojas:** Las hojas son bi-pinnadas, aunque pueden presentarse de uno a dos pares de pinnas por hoja. Las estructuras foliares pueden medir de 2.5 a 12 cm de largo y contener entre 20 y 40 pares de folíolos cada una. Los folíolos son glabros, lineares, oblongos, miden de 5 a 10 mm de largo y son de 2 a 7 veces más largos que anchos. Los intervalos de disposición de cada folíolo en el raquis son inferiores a su ancho; su color es verde pálido a grisáceo y en la parte inferior tiene una fuerte nervadura pinnada.

**Inflorescencia:** Sus flores están agrupadas en inflorescencias, son pequeñas y producen un aroma y néctar agradable a los polinizadores. Los racimos son de 4 a 10 cm de largo, en los que están dispuestas flores blanco-verdosas con cáliz de 1 mm y pétalos de 3 a 4 mm de largo.

**Vaina y semilla:** Las vainas son lineares, aplanadas, glabras y rectas (algunas levemente curvadas). Dichas vainas son de color amarillo puro, contienen las semillas y miden entre de 9 y 17 cm de largo, 0.7 a 1.4 cm de ancho y 6 a 8 mm de espesor. Los segmentos son más cortos que anchos y tienen forma rectangular, con bordes redondeados. Las semillas están dispuestas de manera longitudinal dentro de la vaina y pueden alcanzar un número entre 14 y 18 semillas por fruto (Ríos *et al.*, 2010).

El mezquite de la especie *P. laevigata* es oriundo de regiones áridas y semiáridas del sur-sureste de los Estados Unidos y varias regiones de México. Se puede encontrar de manera natural formando parte del matorral espinoso (selva baja espinosa sub-caducifolia), laderas riolíticas y terrenos aluviales con vegetación perturbada. También se distribuye en forma aislada, en terrenos agrícolas y áreas de pastizal. En México, esta especie se halla principalmente en el altiplano del norte-centro y en partes de Tamaulipas, Oaxaca, Morelos, Puebla y Chiapas. Crece en diferentes ambientes, laderas, depresiones y llanos inundables. *P. laevigata* es una especie muy variable dentro de toda su área de dispersión. En Nuevo León es posible encontrar individuos con atributos intermedios entre *P. laevigata* y *P. glandulosa*. En *P. laevigata* es común observar un par de pinnas por hoja, pero a menudo son dos pares, especialmente en los árboles desde Querétaro hasta Jalisco. El número de pares de folíolos (20 a 40) es la cantidad más elevada encontrada en cualquier especie del género *Prosopis* en América del Norte.

El crecimiento de *P. laevigata* se encuentra relacionado con la profundidad del suelo y la disponibilidad de agua en el subsuelo. Por tal motivo, los ejemplares que alcanzan mayor altura y grosor del fuste, se localizan en valles con suelos profundos, así como en los márgenes de ríos y arroyos, alrededor de los cuerpos de agua y en sectores con acumulación de los escasos escurrimientos en zonas áridas y semiáridas. La especie se desarrolla en zonas templadas, con altitud de hasta 2,050 m, donde son muy comunes las temperaturas extremas (0 a 48 °C) y la temperatura media anual es 18 °C. En dichas áreas, la precipitación es escasa, en algunas ocasiones inferiores a 100 mm.

*P. laevigata* crece y se desarrolla mejor en suelos arenosos, profundos y con buen drenaje. Se distribuye en las partes bajas de llanuras y valles, las cuales tienen un alto contenido de sales. Los tipos de suelos donde se puede encontrar esta especie son bien drenados, profundos, con alto contenido de arena, aunque también se desarrolla en suelos arcillosos. En terrenos poco profundos de laderas, el tamaño de la planta es más reducido, lo que indica que para su desarrollo requiere la extracción de cantidades considerables de agua. La floración se presenta en los meses de extrema sequía, de marzo a mayo, y la producción de frutos en Durango ocurre entre mayo y agosto. Las etapas fenológicas muestran variación dependiendo de la ubicación geográfica y de las condiciones climáticas.

El mezquite de la especie *P. laevigata* es agresiva, con capacidad colonizadora en áreas perturbadas. Lo anterior, debido a que tiene una alta capacidad de regeneración natural por semilla y rebrote, lo cual favorece su dispersión. La diseminación de la semilla es por medio de animales (zooecoria) y más específicamente dentro del sistema digestivo (endozooecoria) de animales como cabras, asnos y vacas. En condiciones naturales, las vainas y granos son susceptibles de ser dañadas por insectos que depositan sus huevos, de los cuales se desarrollan larvas que consumen el interior de las semillas y esto provoca fallas en la germinación y emergencia. En Durango, se ha reportado daños ocasionados por gorgojos de la especie *Algarobius prosopis* (Merlín *et al.*, 2009).

### **Descripción botánica de *Prosopis palmeri***

Nombre científico: *Prosopis palmeri* S. Watson

Nombre común: Mezquite.

Sinónimo: Se carece de reportes de sinonimias.

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae)

Varietades: Se carece de reportes de variedades.

**Tallo y raíz:** Muestra crecimiento arbustivo y arbóreo, muy ramificado, el cual se abre simétricamente y tiene la copa aplanada. Su altura varía de 1.2 a 6 m, el tronco puede tener de 1 a 3 m de largo y alcanza un diámetro de 45 cm. La corteza es gris y en ocasiones de color púrpura oscuro, despegándose en tiras largas. Las ramas son espinosas, finamente pubescentes y en ocasiones semi-glabras. Las estípulas espinosas son derechas, están dispuestas en pares, miden de 0.5 a 3.5

cm de largo y caen con la edad. La madera interna, de color púrpura-oscuro, es muy dura por lo que se denomina “palo de hierro”.

**Hojas:** Las hojas tienden a agruparse sobre brotes cortos a lo largo de la rama y tienen únicamente un par de pinnas de 2 a 3 cm de largo. Los folíolos están dispuestos en 3 a 10 pares a lo largo de la pinna; son glabros, oblongos elípticos, obtusos y con tendencia ovoide.

**Inflorescencia:** Los racimos son axilares y tienen forma de espigas delgadas, con 3.5 a 6 cm de largo. Las flores son tubulares y lanosas, debido a que tienen pequeñas vellosidades. El cáliz es de 1.3 mm de largo y la corola, pentadentada, tiene entre 4.5 y 6 mm de largo. Los pétalos están unidos en una porción importante de su longitud y son casi glabros en la parte interna de las puntas. Los estambres miden entre 10 y 12 mm de longitud y las anteras de 0.8 a 1.5 mm de largo. El ovario es blanco y está cubierto de vellos.

**Vaina y semilla:** La vaina es lineal-oblonga, muestra variación en su morfología y puede ser desde recta hasta curva, en forma de hoz. Es indehiscente, con vellos minúsculos que dan apariencia lanosa y su forma transversal puede ser desde redonda hasta comprimida. Las dimensiones de las vainas pueden variar entre 4 y 9 cm de largo, 0.8 a 1 cm de ancho y entre 2 y 6 mm de grosor. El pericarpio es delgado, quebradizo y membranoso. El mesocarpio es delgado, quebradizo, tubular y de un color amarillo brillante. Los segmentos son rectangulares, los granos son numerosos y distribuidos en posición oblicua. Las semillas son oblongas, pardas, lisas, de 5 a 7 mm de largo y ligeramente separadas por una sustancia espesa, gomosa y de color pardo rojizo.

La distribución de esta especie se halla restringida principalmente en la península de Baja California, aunque se tienen reportes de su presencia en las barrancas del estado de Chihuahua, en la región norte-centro de México (Lebgue, 2005). Crece principalmente cerca de los lechos secos de los arroyos, cañones montañosos y playas desérticas. La planta se usa como combustible, ramoneo del ganado y proporciona la materia prima para la pequeña industria del tallado del “palo fierro” de los indios Seri.

### **Descripción botánica de *Prosopis pubescens***

Nombre científico: *Prosopis pubescens* Bentham

Nombre común: Mezquite.

Sinónimo: *Strombocarpa pubescens*

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae)

Variedades: Se carece del reporte de variedades.

**Tallo y raíz:** La planta muestra crecimiento arbustivo y arbóreo según las condiciones del ambiente, tiene ramas abiertas y su altura varía entre 2 y 10 m de alto. Las ramas pequeñas son delgadas y

tienen espinas estipulares, las cuales emergen por debajo de un manajo de hojas. Los troncos son cortos, tienen corteza delgada, escamosa y llegan a medir entre 30 y 40 cm de diámetro.

**Hojas:** Los pecíolos de las hojas son cortos y delgados, tienen de 0.5 a 2 cm de largo. Las pinnas aparecen en uno a dos pares y son de 2 a 3 cm de largo. Los folíolos son oblongo-elípticos u oblongo-obtusos y tienen entre 2 y 5 cm de ancho y de 6 a 10 mm de largo. Las pinnas pueden ser entre 4 y 9 pares y sobre éstas se encuentran dispuestos, sin superponerse, los folíolos finamente pubescentes (en ocasiones glabros) y con nervaduras oscuras.

**Inflorescencia:** Los racimos en forma de espigas son densos, axilares, simples y miden entre 5 y 8 cm de largo. Las flores son pubescentes y de color amarillo. El cáliz es abiertamente cupuliforme, mide entre 0.7 y 1.2 mm de longitud y es dentado de manera casi imperceptible. Los pétalos son de 2.5 a 3 mm de largo, están unidos en el interior y son glabros; aunque muestran pubescencias en la parte externa y parte interna del ápice. Los estambres son de 4 a 5 mm de largo y las anteras miden entre de 0.5 a 0.8 mm de largo. El ovario es blanco, muestra pilosidades y tiene un estilo glabro.

**Vaina y semilla:** Las vainas son sésiles, retorcidas de manera compacta y muestran torsión en espiral, simétrica y definida. Las vainas en crecimiento desarrollan de dos a tres torsiones, aunque solamente tengan entre 4 a 5 mm de largo. El fruto maduro tiene 8 a 24 espirales densas y estrechamente asentadas. Los frutos tienen forma cilíndrica y sus dimensiones son de 2.5 a 5.5 cm de largo y 5 a 6 mm de diámetro. Por su forma, los frutos son denominados comúnmente como “vainas tornillo”. Las semillas tienen forma arriñonada, son lanosas y tienen entre 1.5 y 2 mm de largo.

Esta especie se encuentra en el norte de México, en la península de Baja California y en los estados de Chihuahua y Sonora. Crece a lo largo de cursos de corrientes pluviales, terrenos bajos y cerca de fuentes permanentes de agua. La leña obtenida de este árbol se emplea como combustible y las vainas son consideradas como un importante forraje para el ganado.

### **Descripción botánica de *Prosopis chilensis***

Nombre científico: *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz Ened. Burkart.

Nombre común: Mezquite, Algarrobo.

Sinónimo: *Ceratonia chilensis* Mol.

Familia: Mimosaceae (Leguminosae: Mimosoideae).

Varietades: *Prosopis chilensis* var. *riojana* y var. *catamarcana*.

**Tallo y raíz:** Especie semi-caducifolia, cuya planta es característicamente un árbol grande, con un sólo tallo de 3 a 10 m de altura y con una copa bien desarrollada y de forma redonda. Las ramillas son colgantes y tienen forma de zigzag. El tronco es generalmente corto y las ramas son flexibles, nudosas y parcialmente espinosas. La corteza es de color pardo rojizo, fisurada y se desprende

con facilidad. Las espinas son nodales, se encuentran apareadas en cada axila y algunas pueden alcanzar los 6 cm de largo, pero existen nudos que carecen de ellas.

**Hojas:** Las hojas son bi-pinnadas, con pecíolo de 1.5 a 15 cm de longitud y raquis ocasionalmente ausente. En cada pecíolo se insertan entre uno y 3 pares de pinnas, las cuales tienen entre 8 y 24.5 cm de largo y llevan 10 a 29 pares de folíolos. Los folíolos son verde pálidos, con nervadura poco visible, de 10 a 63 mm de largo, lineares, glabros y con márgenes enteros, finamente ciliados. Los folíolos están distanciados sobre el raquis entre 3 y 12 mm, que puede ser igual o mayor a su anchura, la cual oscila entre 1.1 y 3 mm.

**Inflorescencia:** Tienen forma de racimos espiciformes, pueden presentarse en grupos de 2 a 4 y tienen de 7 a 12 cm de longitud. Los racimos son cilíndricos y se componen de alrededor de 250 flores. Las flores muestran pedicelos cortos, tienen cáliz acampanado de 1 mm de longitud y corola de 5 pétalos libres. Los pétalos son lineares, tienen de 3 a 3.5 mm de longitud, muestran pilosidades en la parte interna del ápice y pueden variar en color entre el verde-blanquecino y amarillo. Los estambres son exertos (inclusos) y tienen de 5 a 6 mm de largo. El pistilo es simple y está compuesto por un ovario súpero y pubescente, estilo y estigma.

**Vaina y semilla:** La vaina es linear (ligeramente arqueada), aplanada, muestra bordes paralelos y tiene de 9 a 18 cm de largo, 1 a 1.8 cm de ancho y 0.6 cm de grosor. Su morfología puede variar de casi recta a forma de hoz y contiene de 20 a 30 semillas. El pericarpio varía de coriáceo a subleñoso, es de color amarillo claro y cubre el mesocarpio azucarado. Los segmentos del endocarpio son regulares en la sección transversal y más anchos que largos. Las semillas son redondeadas, elíptico-ovaladas, aplanadas y tienen entre 6 y 7.5 mm de longitud.

Esta especie se encuentra en el centro-sur del Perú y en el centro norte de Chile. Crece a baja altura y a lo largo de arroyos naturales; por lo general en asociación con *P. flexuosa*, así como a elevaciones de 2,900 m. Este árbol es una importante fuente de combustible, material de construcción y forraje. La población local usa también las vainas para su alimentación, especialmente en Argentina donde todavía en muchos almacenes se vende una pasta hecha con este fruto. En Durango, se introdujo para su uso en proyectos de reforestación (Ríos *et al.*, 2011), pero es necesario estudiar la posibilidad de variaciones genéticas intraespecíficas y la selección de fuentes adecuadas de semilla para seleccionar plantas adaptadas en México.

## LITERATURA CITADA

Agriculture & Resource Management Council of Australia & New Zealand Environment & Conservation Council and Forestry Ministers (ARMC). 2001. *Weeds of national significance: Mesquite (Prosopis species)*. Strategic plan. National Weeds Strategy Executive Committee. Launceston, Australia. 25 p.

- Bainbridge, D. A., R. A. Virginia y W. M. Jarrell. 1990. Honey mesquite: A multipurpose tree for arid lands. NFT Highlights. NFTA 90-07. Documento en línea consultado el 10 de noviembre de 2011. [http://www.winrock.org/fnrn/factnet/factpub/FACTSH/P\\_glandulosa.html](http://www.winrock.org/fnrn/factnet/factpub/FACTSH/P_glandulosa.html).
- Bakewell-Stone, P. 2006. Marketing of Prosopis products in the UK: feasibility report. HDRA, Coventry, U. K. 39 p.
- Beresford-Jones, D. G. 2004. *Pre-Hispanic Prosopis-Human relationships on the south coast of Peru: Riparian forest in the context of environmental and cultural trajectories of the lower Ica Valley*. On line consulted document. <http://www.arch.cam.ac.uk/dgb27/chapter-3.pdf> pp. 45-120.
- Burghardt, A. D. and S. M. Espert. 2007. *Phylogeny of Prosopis (Leguminosae) as shown by morphological and biochemical evidence*. Australian Systematic Botany 20: pp. 332-339.
- Burkart, A. 1976. *A monograph of the genus Prosopis*. J. Arn. Arb. 57: pp. 219-249; 450-525.
- Cedillo, V. y P. Mayoral. 1997. "*Prosopis laevigata*". FAO. RLC. Agroforestería en zonas áridas. México. 5 p.
- Cervantes R., M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. 1ª. Ed. UNAM, Instituto de Geografía. México, D. F. p. 53-62.
- De Ataide S., M. 1988. *Taxonomy and distribution of the genus Prosopis L. In: M. A. Habit (ed.). The current state of knowledge on Prosopis juliflora*. Documento en línea consultado el 28 de octubre de 2011. <http://www.fao.org/docrep/006/ad317e/AD317E00.htm#TOC>.
- Fagg, C. and J. Stewart. 1994. *The value of Acacia and Prosopis in arid and semi-arid environments*. Journal of Arid Environments 27: pp. 3-25.
- Ffolliott P. F. y J. L. Thames. 1983. Manual sobre taxonomía de *Prosopis* en México, Perú y Chile. FAO. Roma. 41 p.
- Flores F., J. L. y R. I. Yeaton H. 2000. La importancia de la competencia en la organización de las comunidades vegetales en el Altiplano Mexicano. Interciencia 25: pp. 365-371.
- Foroughbakhch, P., E. A. Castillo G., M. A. Alvarado V. y J. L. Hernández P. 2010. Estudio sistemático de la morfología foliar del género *Prosopis* spp. en el estado de Nuevo León, México. In: VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Florística y Etnobotánica. pp. 770-795.
- Gómez L., F., J. Signoret P. y M. del C. Abuín M. 1970. Mezquites y huizaches: algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D. F. 192 p.

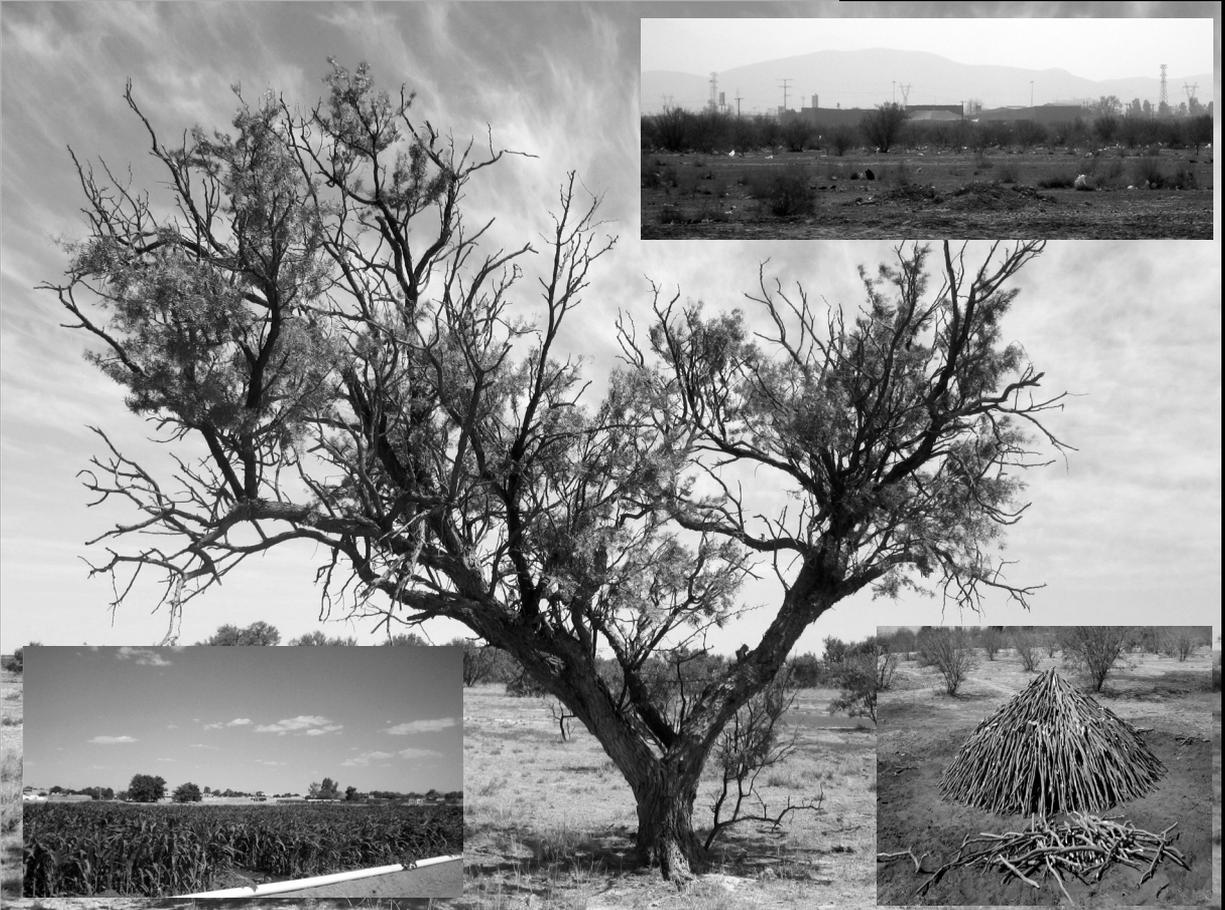
- Ibrahim, K. M. 1992. *Prosopis species in the south-western United States, their utilization and research*. In: R. W. Dutton; M. Powell; R. J. Ridley (eds.). *Prosopis species-Aspects of their value, research and development*. Proceedings of *Prosopis* Symposium. CORD. University of Durham, U. K. pp. 83-115.
- Johnston, M. C. 1962. *The North American mesquites Prosopis Sect. Algarobia (Leguminosae)*. Brittonia 14: pp. 72-90.
- Juárez M., J., G. Carrillo C. y A. Rubluo. 2006. *Polymorphism determination in two natural mesquite (Prosopis laevigata) populations using RAPD*. Biotecnología Aplicada 23: pp. 229-235.
- Kleinman, R. and D. A. Zimmerman. 2011. *Vascular plants of the Gila wilderness*. Documento en línea consultado el 2 de noviembre de 2011. [http://www.wnmu.edu/academic/nspages/gilaflora/prosopis\\_glandulosa.html](http://www.wnmu.edu/academic/nspages/gilaflora/prosopis_glandulosa.html).
- Landeras, G., M. Alfonso, N. M. Pasiecznik, P. J. C. Harris and L. Ramírez. 2006. *Identification of Prosopis juliflora and Prosopis pallida accessions using molecular markers*. Biodiversity and Conservation 15: pp. 1829-1844.
- Lebgue K., T. 2005. *Análisis de las comunidades vegetales de las barrancas del cobre, municipios de Batopilas y Urique, Chihuahua, usando un sistema de información geográfica*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia. Chihuahua, Chih. Méx. 88 p. Documento en línea consultado el 27 de octubre de 2011 <http://eprints.uach.mx/110/1/ZOO-TP-00043.pdf>.
- Liberman C., M. and F. Pedrotti. 2006. *Woody formations in a mesothermic valley of Tarija province, Bolivia*. In: D. Gafta and J. Akeroyd (eds.). *Nature conservation: Concepts and practice*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg. pp. 75-86.
- López-Franco, Y. L., F. M. Goycoolea, M. A. Valdez y A. M. Calderón de la B. 2006. *Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial*. 31: pp. 183-189.
- Maldonado L. J. 1988. *Prosopis in Mexico*. In: M. A. Habit (ed.). *The current state of knowledge on Prosopis juliflora*. Documento en línea consultado el 28 de octubre de 2011. <http://www.fao.org/docrep/006/ad317e/AD317E00.htm#TOC>.
- Merlín B., E., V. Bustamante G. y R. Rosales S. 2009. *Calidad de la semilla de mezquite colectada en el estado de Durango*. In: *Memoria de la XXI Semana Internacional de la Agronomía*. Gómez Palacio, Dgo. México. pp. 145-149.
- Muturi, G. and L. Goudzwaard. 2011. *Prosopis juliflora (Sw) D. C.* Documento en línea consultado el 2 de noviembre de 2011. <http://webdocs.dow.wur.nl/internet/fem/uk/trees/projulf.pdf>.
- The University of Oklahoma (OU). 1999. *Prosopis glandulosa Torr.* Documento en Línea consultado el 2 de noviembre de 2011. <http://www.biosurvey.ou.edu/shrub/prglg.htm>.

- Palacios, R. A. 2006. Los mezquites mexicanos: Biodiversidad y distribución geográfica. Bol. Soc. Argent. Bot. 41: pp. 99-121.
- Pasiecznik, N. M., P. Felker, P. J. C Harris, L. N. Harsh; G. Cruz, J. C. Tewari; K. Cadoret and L. J. Maldonado 2001. *The Prosopis juliflora-Prosopis pallida complex: A monograph*. HDRA, Coventry, U. K. 172 p.
- Pasiecznik, N. M., P. J. C. Harris and S. J, Smith. 2004. *Identifying tropical Prosopis species: A field guide*. HDRA, Coventry, U. K. 30 p.
- Ríos S., J. C., E. Merlín B., E. Soto C. y R. Rosales S. 2010. Crecimiento de plántulas y productividad del mezquite en el estado de Durango, México. In: Memoria del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Son. Méx. pp. 48-60.
- Ríos S., J. C., R. Rosales S. y L. M. Valenzuela. 2011. Comparación de las características nutricias y reproductivas en dos especies de mezquite utilizadas en Durango, México. pp. 660-664. In: Memoria de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México. 1392 p.
- Rodríguez F., C. and L. J. Maldonado A. 1996. *Overview of past, current and potential uses of mesquite in Mexico*. In: R. Felker and J. Moss (eds.). *Prosopis: Semiarid fuel wood and forage tree building consensus for the disenfranchised*. Center for Semi-arid Forest Resources. Texas A&M University. Washington, D. C., EUA. pp. 6.41-6.53.
- Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución espacial del complejo *Prosopis* (Leguminosae, mimosoideae) en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana. Septiembre. Numero 003 Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, México pp. 7-19.
- Sosebee, R. E.; C. Wan. 1989. *Plant ecophysiology: a case study of honey mesquite*. In: A. Wallace, E. D. McArthur and M. R. Haferkamp (comps.). *Proceedings-symposium on shrub ecophysiology and biotechnology 1987*. Logan, UT. Gen. Tech. Rep. INT-256. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station: 103-118.
- Steinberg, P. 2001. *Prosopis glandulosa*. In: *Fire effects information system*. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Fire Sciences Laboratory. Documento en línea consultado el 10 de noviembre de 2011. <http://www.fs.fed.us/database/feis/>.
- Trenchard, L. J., P. J. C. Harris, S. J. Smith and N. M. Pasiecznik. 2008. *A review of ploidy in the genus Prosopis (Leguminosae)*. Botanical Journal of the Linnean Society 156: pp. 425-438.

- Trucíos C., R., J. C. Ríos S., L. M. Valenzuela N., G. Sosa P., R. Rosales S. y J. Estrada A. 2010. Superficie actual vegetada por mezquite en cuatro entidades del norte-centro de México. *In: Memoria de la XXII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 503-507.
- Verga, A., D. López L., C. López, M. Navall, J. Joseau, C. Gómez, O. Royo, W. Degano y M. Marcó. 2009. Caracterización morfológica de los algarrobos (*Prosopis sp.*) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina. *Quebracho 17*: pp. 31-40.
- Valenzuela N., L. M., J. C. Ríos S., R. Trucíos C., G. Sosa P. y R. Rosales S. 2010. Caracterización dasométrica de rodales de mezquite en ocho municipios del Norte-Centro de México. *In: Memoria de la XXII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 138-142.
- Valenzuela N., L. M., J. C. Ríos S., R. Trucíos C. y R. Rosales S. 2011. Diversidad genética en poblaciones naturales de mezquite del norte-centro de México. 1er. Simposio Presente y Futuro de los Bosques. Instituto Tecnológico del Salto. El Salto, Durango. 6 p.

## CAPÍTULO II

# DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN POBLACIONES NATURALES DE MEZQUITE



Ramón Trucíos Caciano

Julio César Ríos Saucedo

Juan Estrada Ávalos

Luis Manuel Valenzuela Núñez

Rodolfo Jacinto Soto



## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la historia, los ecosistemas en nuestro planeta han constituido el sustento y protección de las diferentes especies de animales y otros reinos a lo largo del tiempo (Elvira, 2006). Estas asociaciones de animales, plantas y su interrelación, han formado una vasta diversidad, generada también por las condiciones climáticas y topográficas, características por las cuales nuestro país se ubica como megadiverso (McNelly *et al.*, 1990; Mittermeier y Goettsch, 1992), pues tiene el cuarto lugar a nivel mundial en diversidad de recursos naturales, después de Brasil, Colombia y China, ya que en el 1.5% del territorio del planeta, México cuenta con más del 10% de las especies conocidas en el mundo (Sarukhán, 2006; SEMARNAT, 2009).

Aún con las características de megadiversidad que el país presenta, se ha llevado a cabo un aprovechamiento desmedido de los recursos naturales, lo cual ha provocado un avance de la desertificación de nuestro territorio, principalmente, por la deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas, sobrepastoreo, extracción de leña y urbanización, debido a que las necesidades han sido modificadas por el uso de servicios y tecnologías que cada vez demandan un mayor uso de nuestros recursos (Elvira, 2006).

En un trabajo realizado por la Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación (FAO, 2009) delimitan como causas del cambio de uso de suelo, específicamente en América del Norte a los siguientes indicadores: demografía, principalmente fundamentado en el incremento de la población urbana; economía, en donde sobresale una mejoría en aquellos países industrializados, por su baja dependencia de actividades primarias como la agricultura, además de tener mejores esquemas de conservación de recursos; políticas e instituciones basadas en la comunidad como un mejor diseño para el manejo de recursos; y finalmente el impulso de ciencia y tecnología para mejorar la competitividad y sustentabilidad de los sectores productivos.

En México, el 72.6% de la superficie está cubierta por vegetación natural. La cobertura con mayor superficie corresponde al matorral xerófilo con 26.1%, el bosque templado con 16.6% y en tercer lugar, la selva subhúmeda con 12.1%; el resto de la superficie es utilizada para uso urbano u otros usos antrópicos (SEMARNAT, 2008 y 2009). En este sentido, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2008), estimó que la superficie con vegetación original remanente en nuestro país, comprende el 34% de selvas, 62% de bosques, 89% de matorrales y 45% de pastizales, con lo anteriormente expuesto, la pérdida de vegetación se estima en 222 mil km<sup>2</sup> de selva, 129 mil km<sup>2</sup> de bosque, 51 mil km<sup>2</sup> de matorrales y 60 mil km<sup>2</sup> de pastizales. Lo anterior, además de significar un aprovechamiento desmedido, implica problemas en sistemas asociados a la vegetación, tales como azolvamiento de cuerpos de agua superficial y disminución de la recarga de los acuíferos por las características que tiene la vegetación respecto al escurrimiento superficial (Viramontes y Decroix, 2001; López, 1998, Viramontes *et al.*; 2004).

Después de una primera clasificación de vegetación y uso de suelo, en los años 70's, y a principios de los 90's, el Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), realizó una segunda clasificación

de vegetación. Esta se basó en la interpretación visual de espaciomapas (INEGI, 2011). Los espaciomapas fueron derivados de la composición a color de imágenes Landsat TM (combinación de bandas del infrarrojo y visible 4, 3, 2) impresos a escala 1:250,000, esta serie o conjunto de datos vectoriales se le denomina Serie II de Uso de Suelo y Vegetación y en promedio tiene información correspondiente a 1992 (INEGI, 1997).

De igual forma, en una tercera etapa del seguimiento multitemporal de los cambios que se han llevado a cabo en el paisaje en nuestro país, el INEGI desarrolló la Serie III del Conjunto de datos vectoriales de Uso de suelo y Vegetación, que contiene información de la cubierta vegetal y uso de suelo, obtenida a partir de la interpretación convencional de imágenes LANDSAT ETM con 25 metros de resolución, tomadas a principios de 2002 (INEGI, 2004). Al momento de realizarse el estudio, fue la capa más actualizada que generó la dependencia federal. Las series de vegetación anteriormente mencionadas, se basaron en los trabajos de clasificación de la Vegetación de México de Faustino Miranda y Efraim Hernández Xolocotzi (1963) y Jerzy Rzedowski (1978); por tal motivo, se considera que cuentan con el suficiente sustento técnico.

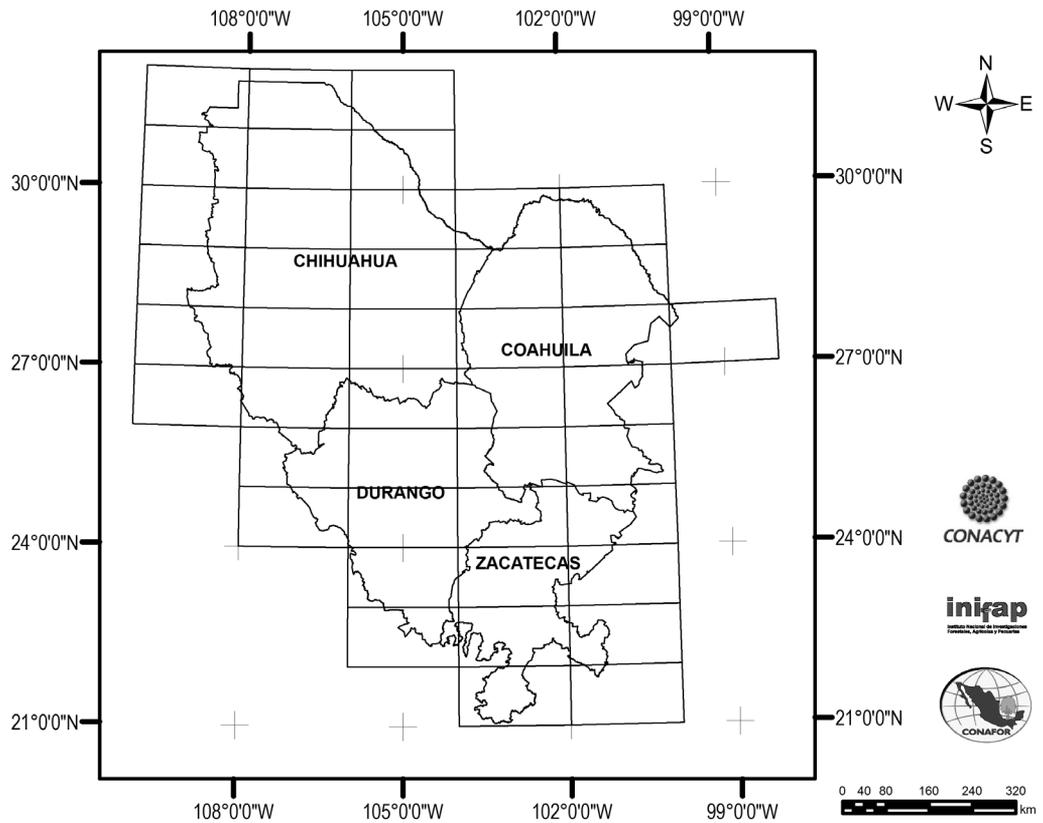
Por lo anterior, el objetivo planteado para este trabajo fue determinar el cambio de uso de suelo ocurrido en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas entre 1992 y 2002.

## ÁREA DE ESTUDIO

Los 4 estados del norte de México, que constituyen el área estudiada fueron Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas, los que se encuentran ubicados entre las coordenadas extremas (latitud norte, longitud oeste) 109° 05'05", 31°48'31", esquina noroeste y 99° 33'27", 20°57'21" esquina sureste. Los polígonos delimitados, se obtuvieron con la información cartográfica en línea de la Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO, 2005 y 2011) Figura 2.1.

## Conformación de la base de datos

La generación del sistema de información geográfica (SIG) inició con definir las necesidades de información, que en este caso corresponde a uso de suelo y vegetación, y las fuentes que nos pueden proporcionar dicha información. En este caso, se utilizaron los productos generados por INEGI a escala 1:250:000. El desarrollo del SIG, que comprende desde la adquisición de la cartografía hasta la estructuración de la información depurada (Trucíos *et al.*, 2010b), se realizó con base en 43 cartas que involucra el área de estudio, de acuerdo al INEGI (Figura 2.1). La conformación de esta información, forma parte del SIG estructurado para el área de estudio en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica Agua y Suelo del INIFAP CENID – RASPA en Gómez Palacio, Durango.



**Figura 2.1. Ubicación del área de estudio enmarcada en el contexto de la República Mexicana.**

La base de datos consistió en información de uso de suelo y vegetación de la serie II de 1992 y serie III de 2002, como estado inicial y final respectivamente, para establecer la superficie total y por estado de cada tipo de vegetación y uso de suelo.

### **Estructuración de la base de datos**

Como ya se mencionó, cada serie de vegetación y uso de suelo se conformó de 43 cartas a escala 1:250,000. El formato utilizado para manipular esta información fue digital, lo cual evitó trasladar errores ocasionados por la digitalización (Glennon *et al.*, 2004), utilizando para su manejo el programa ArcGIS 9.2®. Este programa fue la herramienta en donde se realizó el despliegue en pantalla de cada capa y la depuración de la información que presentaba desfases, mismos que fueron corregidos (Trucíos *et al.*, 2010c) para generar finalmente una sola capa de uso de suelo y vegetación, respetando la clasificación de uso de suelo y tipo de vegetación (INEGI, 2005) para cada serie como se muestra en las siguientes imágenes (Figuras 2.2 y 2.3).

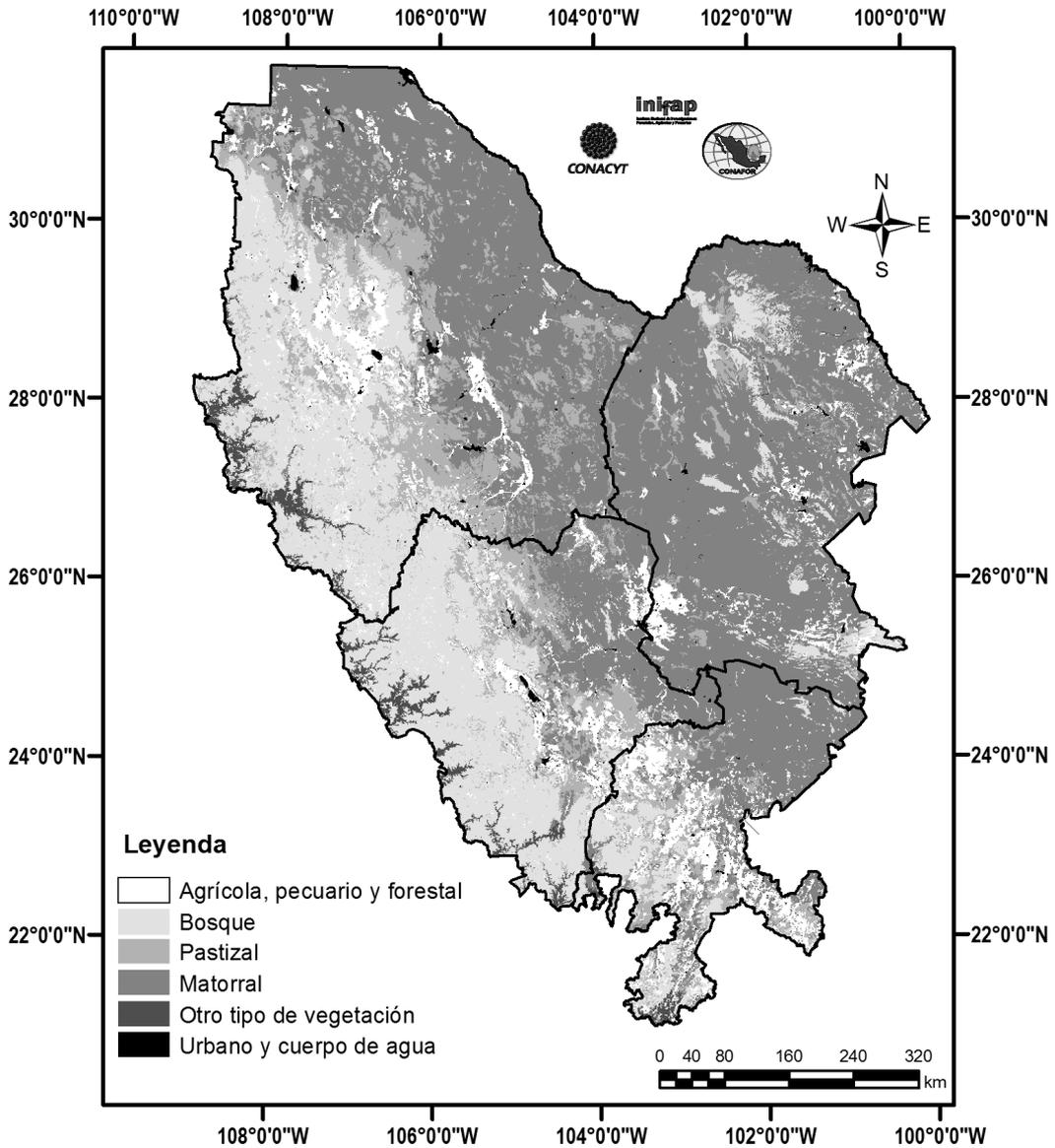


Figura 2.2. Uso de suelo y Vegetación Serie II (1992) agrupado para el área de estudio.

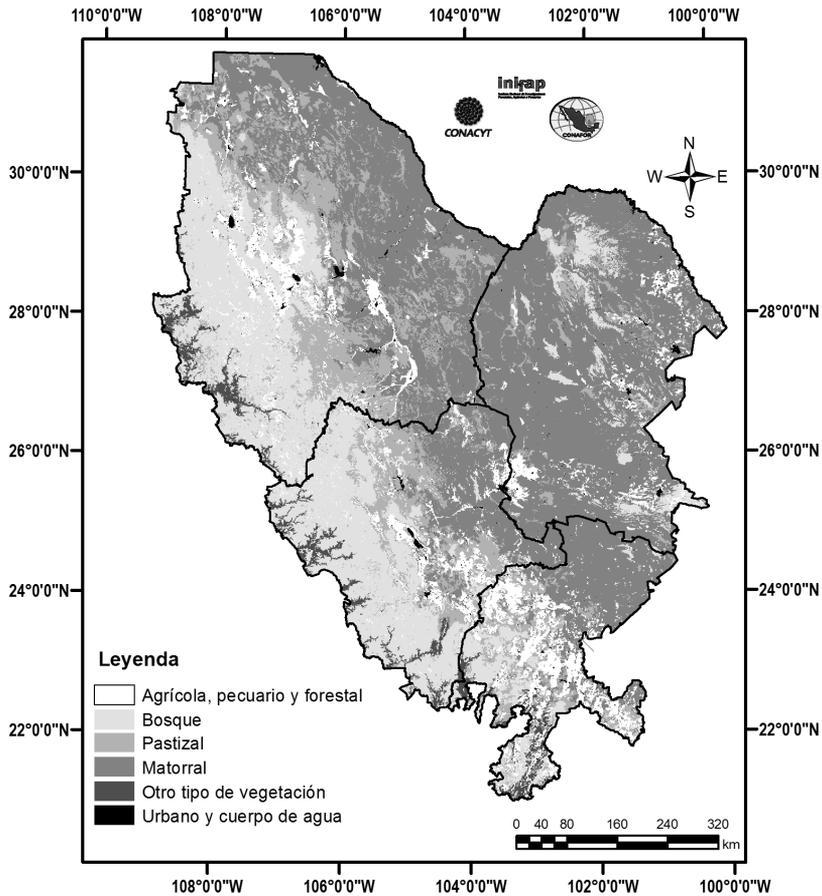


Figura 2.3. Uso de suelo y Vegetación Serie III (2002) agrupado para el área de estudio.

La proyección utilizada para presentar los resultados de este estudio fue Universal Transversa de Mercator (UTM), con datum WGS84 con una representación en metros. El área de estudio comprende las zonas 12, 13 y 14 de UTM, sin embargo, debido a su proyección, se dificulta la nomenclatura de los mapas; por tal motivo, los mapas de este estudio se presentan en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos).

### Análisis de la Información

Una vez unidas las capas de información de uso de suelo y vegetación (Serie II y III), se calcularon las superficies de cada tipo de vegetación para conformarse una tabla con la información de uso de suelo, superficie (hectáreas) y la tasa de cambio entre los dos periodos de estudio y de esta manera, se trató de expresar las diferencias entre dos momentos temporales para las distintas unidades de observación (Gutiérrez y Gould, 2000; Rosete *et al.*, 2008). Debido a que el análisis de información solamente implica una comparación de bases de datos, no se presenta análisis estadístico (Trucíos

et al., 2010a). Finalmente se realizó un análisis al interior de los estados para tener mayor detalle sobre el uso del mezquite en los municipios.

## DETECCION DE CAMBIO EN USO DE SUELO 1992-2002

El período estudiado de 1992 (Figura 2.4) a 2002 (Figura 2.5), a pesar de considerarse pocos años en los análisis de cambio en cobertura vegetal, muestra cambios sustantivos en diferentes tipos de vegetación.

En el contexto regional, con una superficie de 59'798,102 ha, superficie para los cuatro estados, se observa (Cuadro 2.1) una considerable disminución en la vegetación de chaparral seguida de matorrales y se destaca la disminución de áreas con mezquite con una tasa anual de 3,555 ha por año en el periodo de estudio. Por otra parte, se consideró importante separar la vegetación de matorral desértico micrófilo de los demás matorrales, debido a que en este tipo de matorral también se desarrolla, aunque en menor proporción que en las mezquiteras, el género *Prosopis*. Este tipo de vegetación presenta un incremento mayor a 3000 ha/año, lo cual obedece principalmente a invasión de áreas agrícolas, que por efecto del pastoreo, diseminan las semillas de vaina de especies arbustivas ingeridas a través de los frutos en el ramoneo principalmente de ganado caprino y bovino de engorda (Villanueva et al., 2004).

**Cuadro 2.1. Distribución superficial (ha) del uso de suelo y vegetación para 1992 y 2002 en el área de estudio. El campo "cambio" se refiere al número de hectáreas que se incrementaron o disminuyeron (-) en cada categoría y el campo de tasa anual es el incremento o disminución en ha/año para el periodo estudiado.**

Uso de suelo y vegetación	SII (1992) ha	SIII (2002) ha	Cambio ha	Tasa anual ha año <sup>-1</sup>
Actividades agrícolas, pecuarias y forestales	5666396	5908643	242247	24225
Área sin vegetación aparente	179315	172306	-7009	-701
Asentamiento humano	164630	176461	11830	1183
Bosque	13727745	14022851	295107	29511
Chaparral	1105233	445254	-659979	-65998
Cuerpo de agua	179125	161572	-17553	-1755
Matorral	11549357	11141930	-407428	-40743
Pastizal	9783211	11069216	1286005	128601
Selva	1120595	1476713	356119	35612
Mezquital	321668	262193	-59475	-5947
Matorral desértico micrófilo	13020145	13055695	35549	3555
Otro tipo de vegetación	2980682	1905267	-1075414	-107541

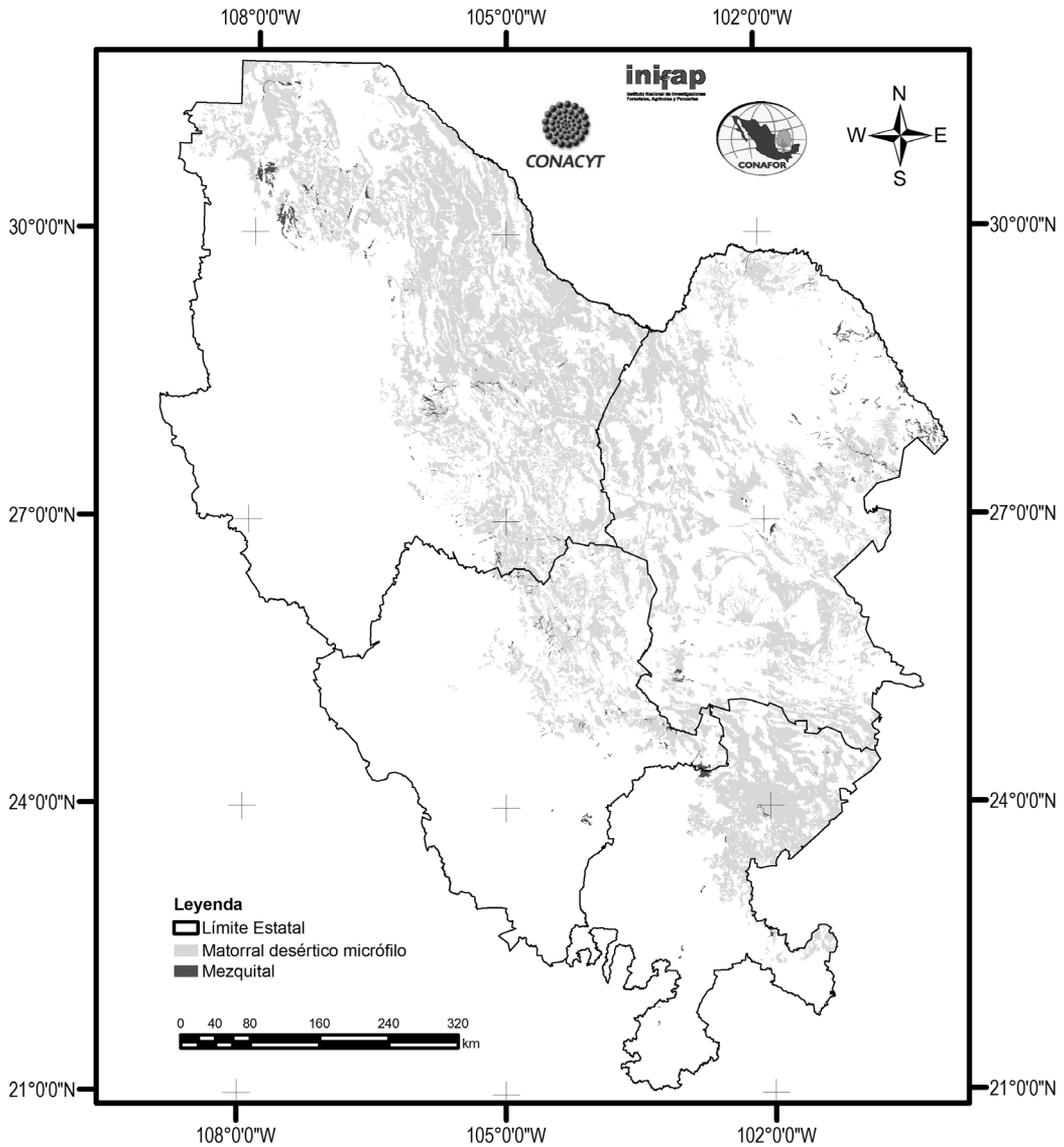


Figura 2.4. Distribución de áreas de mezquiteras y matorral desértico micrófilo para el área de estudio (1992).

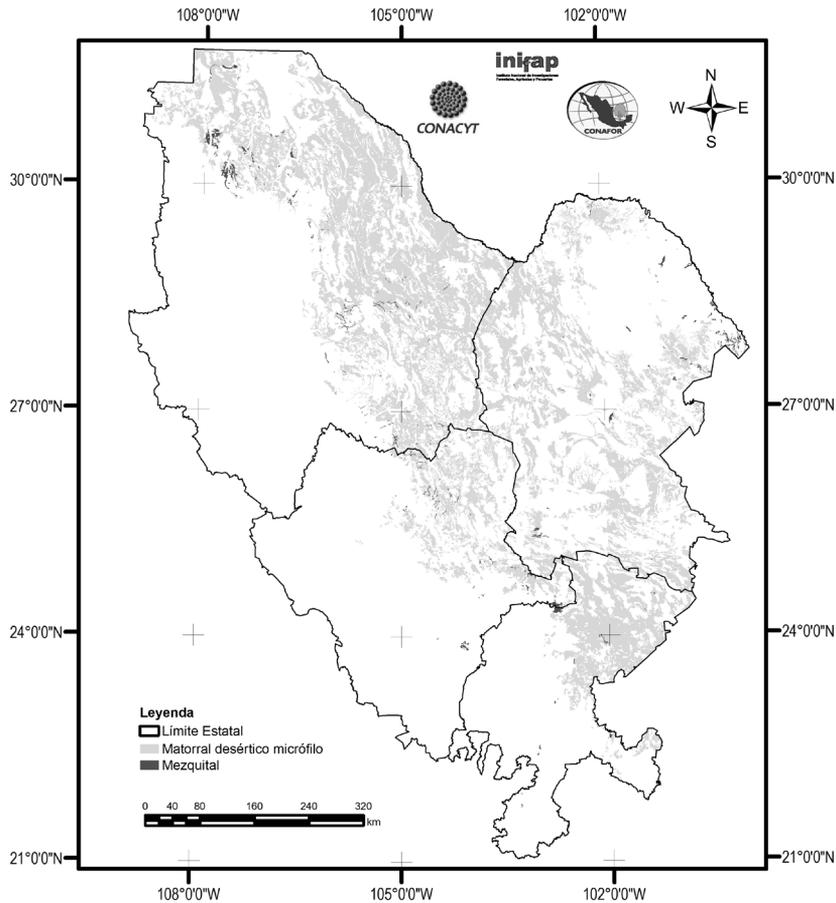


Figura 2.5. Distribución de áreas de mezquiteras y matorral desértico micrófilo para el área de estudio (2002).

A continuación se presentan los resultados para cada estado en el contexto de cambio de uso de suelo.

### Chihuahua

En el estado de Chihuahua con una superficie de 24'752,728 ha, se encontró en el periodo de estudio, una marcada disminución de vegetación de galería, tulares, desiertos arenosos, halófila y gipsófila contenidos en la agrupación de *otro tipo de vegetación*. En el cuadro 2.2, se observa una disminución mayor al 50% de la vegetación de 2002 respecto a 1992. También, se puede observar la razón de este drástico cambio, en el incremento de áreas de pastizales con una superficie similar a la pérdida de *otro tipo de vegetación*, obedeciendo a la vocación ganadera de este estado (SEMARNAT, 2005). Particularmente, respecto al mezquite, se observa que disminuye la superficie

en promedio a 340 ha/año (menor a la presentada a nivel regional) y el matorral desértico micrófilo un incremento mayor a 90,000 ha/año.

**Cuadro 2.2. Distribución superficial (ha) del uso de suelo y vegetación para 1992 y 2002 en Chihuahua.**  
El campo “cambio” se refiere al número de hectáreas que se incrementaron o disminuyeron (-) en cada categoría y el campo de tasa anual es el incremento o disminución en ha/año para el periodo estudiado.

Uso de suelo y vegetación	SII (1992) ha	SIII (2002) ha	Cambio ha	Tasa anual ha/año
Actividades agrícolas, pecuarias y forestales	1867118	1906041	38923	3892
Área sin vegetación aparente	104398	91046	-13352	-1335
Asentamiento humano	74265	77086	2821	282
Bosque	6795332	6875630	80298	8030
Chaparral	62453	25317	-37135	-3714
Cuerpo de agua	77794	68570	-9224	-922
Matorral	1605687	1611870	6183	618
Pastizal	5133174	6034914	901740	90174
Selva	508394	531035	22642	2264
Mezquital	128070	124670	-3400	-340
Matorral desértico micrófilo	6322389	6413320	90931	9093
Otro tipo de vegetación	2073655	993229	-1080426	-108043

Realizando un análisis sobre la distribución de mezquite a nivel estatal, se encontró que de los 67 municipios que lo conforman, 27 tienen superficie de mezquiales y en solamente 10 de ellos se concentra el 89%; destaca el municipio de Galeana, seguido de Nuevo Casas Grandes, que en conjunto tienen más del 35% de esta vegetación. Del mismo modo, se observa en el Cuadro 3, que son los municipios con mayor aprovechamiento, observándose una considerable disminución de su superficie de mezquite entre 1992 a 2002 (Meza y Osuna, 2003). A este respecto, también se observa una recuperación de este tipo de vegetación en municipios como Ascensión, Hidalgo del Parral, Julimes, Satevó, Saucillo y Valle de Zaragoza, lo cual también ha sido observado en la Comarca Lagunera por la invasión de mezquite en áreas agrícolas abandonadas (Jasso *et al.*, 2002). En la figura 2.6 se observa la ubicación de municipios que incrementaron, disminuyeron o mantuvieron su superficie de mezquite en 2002, con respecto a la que presentaban en 1992.

**Cuadro 2.3. Distribución superficial (ha) y relación de la superficie por municipio con la superficie estatal expresada en porcentaje de área de mezquital en el estado de Chihuahua.**

Municipios	SII (1992)		SIII (2002)	
	ha	relación	ha	relación
Ahumada	9804	7.7%	9662	7.7%
Aldama	389	0.3%	383	0.3%
Allende	1784	1.4%	1717	1.4%
Aquiles Serdán	238	0.2%	168	0.1%
Ascensión	8617	6.7%	9600	7.7%
Buenaventura	11268	8.8%	10592	8.5%
Camargo	349	0.3%	359	0.3%
Casas Grandes	7510	5.9%	7603	6.1%
Chihuahua	9913	7.7%	8637	6.9%
Coronado	6085	4.8%	6072	4.9%
Galeana	26542	20.7%	25468	20.4%
Hidalgo Del Parral	911	0.7%	1044	0.8%
Huejotítan	92	0.1%	105	0.1%
Ignacio Zaragoza	626	0.5%	681	0.5%
Janos	1354	1.1%	1354	1.1%
Jiménez	2726	2.1%	2677	2.1%
Julimes	8964	7.0%	8988	7.2%
López	377	0.3%	378	0.3%
Matamoros	439	0.3%	439	0.4%
Meoqui	312	0.2%	230	0.2%
Nuevo Casas Grandes	19020	14.9%	17312	13.9%
Ojinaga	1282	1.0%	1274	1.0%
Rosales	7215	5.6%	6903	5.5%
San Francisco De Conchos	360	0.3%	360	0.3%
Satevó	241	0.2%	923	0.7%
Saucillo	224	0.2%	230	0.2%
Valle De Zaragoza	1427	1.1%	1512	1.2%

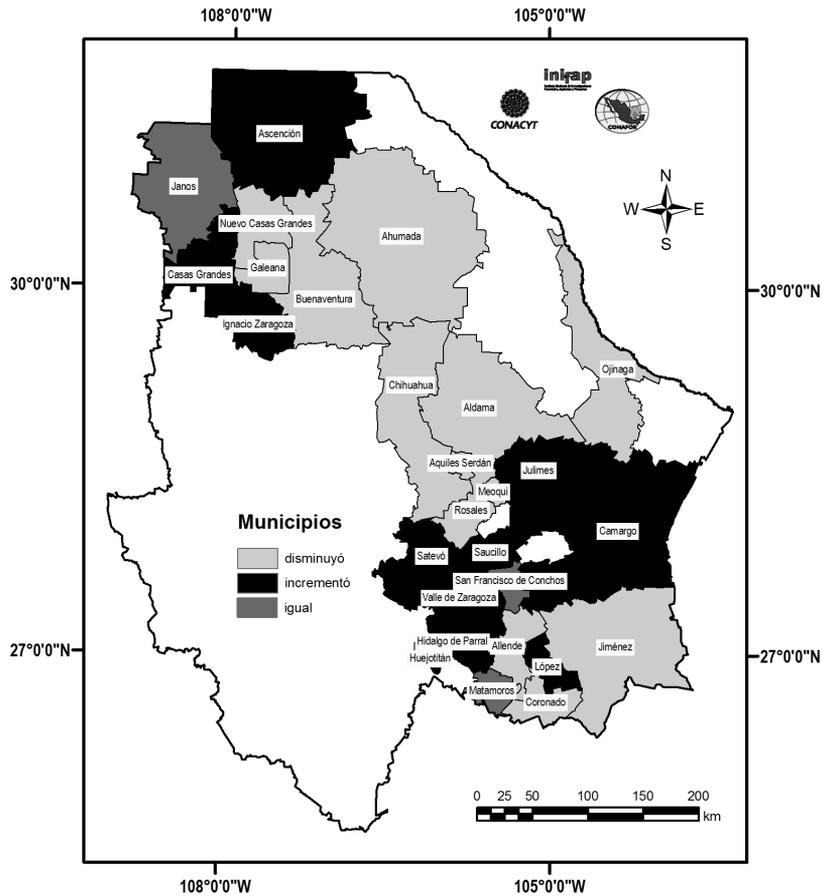


Figura 2.6. Ubicación de cambios presentados en mezquiteras en los municipios del estado de Chihuahua. Relación que guarda la superficie de 2002 en comparación con la de 1992.

En la figura anterior se observa, que en los municipios del centro hacia el norte y en los del sureste del estado fue en donde se encontró menor superficie de mezquite en el periodo de estudio. Por el contrario, aquellos ubicados del centro hacia el este y al noroeste mostraron incrementos en la superficie de mezquite.

## Coahuila

Este estado presenta un crecimiento de áreas boscosas similar al área de disminución de superficies con chaparrales con 31,231 ha/año y 33,160 ha/año, respectivamente (Cuadro 2.4), lo cual puede obedecer a efectos de incendios en zonas de transición con presencia de especies de *Quercus*, debido a que tienen capacidad de rebrotamiento estimulada por el efecto de aumento en temperatura del suelo a causa del fuego (Zavala y García, 1997). Las áreas de mezquite, por su parte, presentan una tasa de disminución de la superficie en 5,054 ha/año en zonas mezquiteras al suroeste y noroeste

del estado. Al igual que en el estado de Chihuahua el matorral desértico micrófilo incrementó su dominio incluso sobre áreas consideradas de mezquite.

**Cuadro 2.4. Distribución superficial (ha) del uso de suelo y vegetación para 1992 y 2002 en Coahuila. El campo “cambio” se refiere al número de hectáreas que incrementaron o disminuyeron (-) en cada categoría y el campo de tasa anual es el incremento o disminución en ha/año para el periodo estudiado.**

Uso de suelo y vegetación	SII (1992) ha	SIII (2002) ha	Cambio ha	Tasa anual ha/año
Actividades agrícolas, pecuarias y forestales	891380	928609	37229	3723
Área sin vegetación aparente	63268	69200	5932	593
Asentamiento humano	40867	47953	7087	709
Bosque	514759	827069	312309	31231
Chaparral	712557	380960	-331597	-33160
Cuerpo de agua	44765	37875	-6890	-689
Matorral	7180441	7117229	-63212	-6321
Pastizal	1124751	1205730	80979	8098
Mezquital	124405	73868	-50538	-5054
Matorral desértico micrófilo	3775756	3803149	27393	2739
Otros tipos de vegetación	694739	676047	-18693	-1869

Coahuila está compuesto por 39 municipios y dos terceras partes cuentan con mezquiteras (26 municipios). En 14 de estos municipios se concentra el 92% de la cobertura de mezquite, predominando en los municipios de Hidalgo (19.3%), Jiménez (12.1%) y Guerrero (11.3%). Existen 7 municipios que aparecen sin cobertura de mezquite en 2002 como Nadadores, Parras, Abasolo, Nava, San Juan de Sabinas, Escobedo y Morelos, debido posiblemente a aprovechamiento desmedido (Cuadro 2.5 y Figura 2.7), esto ha sido observado en San Luis Potosí en estudios realizados por Villanueva *et al.* (2004) y en Baja California por Meza y Osuna (2003).

**Cuadro 2.5. Distribución superficial (ha) y relación de la superficie por municipio con la superficie estatal expresada en porcentaje de área de mezquital en el estado de Coahuila.**

Municipios	SII (1992)		SIII (2002)	
	ha	relación	ha	relación
Abasolo	302	0.2%	0	0.0%
Acuña	10218	8.2%	5686	7.7%
Candela	1169	0.9%	396	0.5%
Cuatrociénegas	6807	5.5%	5903	8.0%
Escobedo	936	0.8%	0	0.0%
Guerrero	14043	11.3%	10741	14.5%
Hidalgo	23949	19.3%	19904	26.9%
Jiménez	15002	12.1%	5264	7.1%
Juárez	9537	7.7%	5457	7.4%
Morelos	3898	3.1%	0	0.0%
Múzquiz	3537	2.8%	1721	2.3%
Nadadores	290	0.2%	0	0.0%
Nava	322	0.3%	0	0.0%
Ocampo	1508	1.2%	1535	2.1%
Parras	293	0.2%	0	0.0%
Piedras Negras	4206	3.4%	2665	3.6%
Progreso	5603	4.5%	2539	3.4%
Sabinas	4752	3.8%	372	0.5%
Saltillo	152	0.1%	152	0.2%
San Buenaventura	1974	1.6%	145	0.2%
San Juan De Sabinas	609	0.5%	0	0.0%
San Pedro	1668	1.3%	483	0.7%
Torreón	502	0.4%	515	0.7%
Viesca	7940	6.4%	7404	10.0%
Villa Unión	2596	2.1%	1956	2.6%
Zaragoza	2591	2.1%	1030	1.4%

Se puede mencionar, que los anteriores municipios no contaban con superficies considerables de mezquite, sin embargo, se presentan casos como Múzquiz, Villa Unión, Zaragoza, San Buenaventura, Acuña, Jiménez, Juárez y Sabinas, en donde se disminuyó la superficie de mezquite, posiblemente por desmontes para uso agrícola principalmente. Cabe destacar que se encuentran casos de recuperación en Torreón y Ocampo, que se pueden atribuir al abandono de áreas agrícolas e invasión de mezquite en dichas áreas (Jasso *et al.*, 2002).

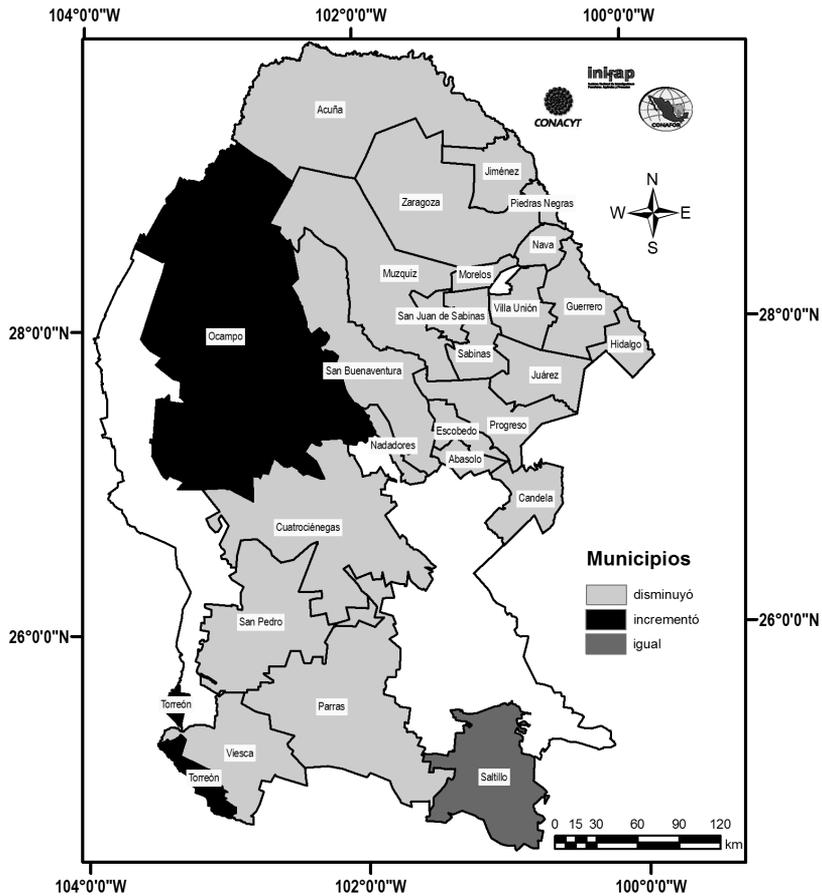


Figura 2.7. Ubicación de cambios presentados en mezquiteras en los municipios del estado de Coahuila. Relación que guarda la superficie de 2002 en comparación con la de 1992.

En la figura anterior, se observa que en este estado predomina la disminución de mezquites, y como se mencionó anteriormente solamente los municipios de Torreón y Ocampo incrementaron su superficie. No obstante dicha recuperación es mínima, ya que solamente fueron 40 ha en total.

### Durango

La presión en el estado de Durango también se ve influenciada por la ganadería, lo cual ha sido encontrado en otros estados como Guanajuato (Trucíos *et al.*, 2009 y 2010c), presentando un incremento del área de pastizal (Cuadro 2.6), principalmente hacia áreas ocupadas por chaparrales con un valor, en el primer caso, mayor a 300,000 ha y una disminución del chaparral de 266,327 ha. Se puede también resaltar que a diferencia de Chihuahua y Coahuila, las poblaciones de mezquite y el matorral desértico micrófilo disminuyeron con una tasa promedio de 500 ha/año principalmente

en las zonas sur, sureste y centro para el caso de mezquite y en el norte y centro para el matorral desértico micrófilo.

**Cuadro 2.6. Distribución superficial (ha) del uso de suelo y vegetación para 1992 y 2002 en Durango.**

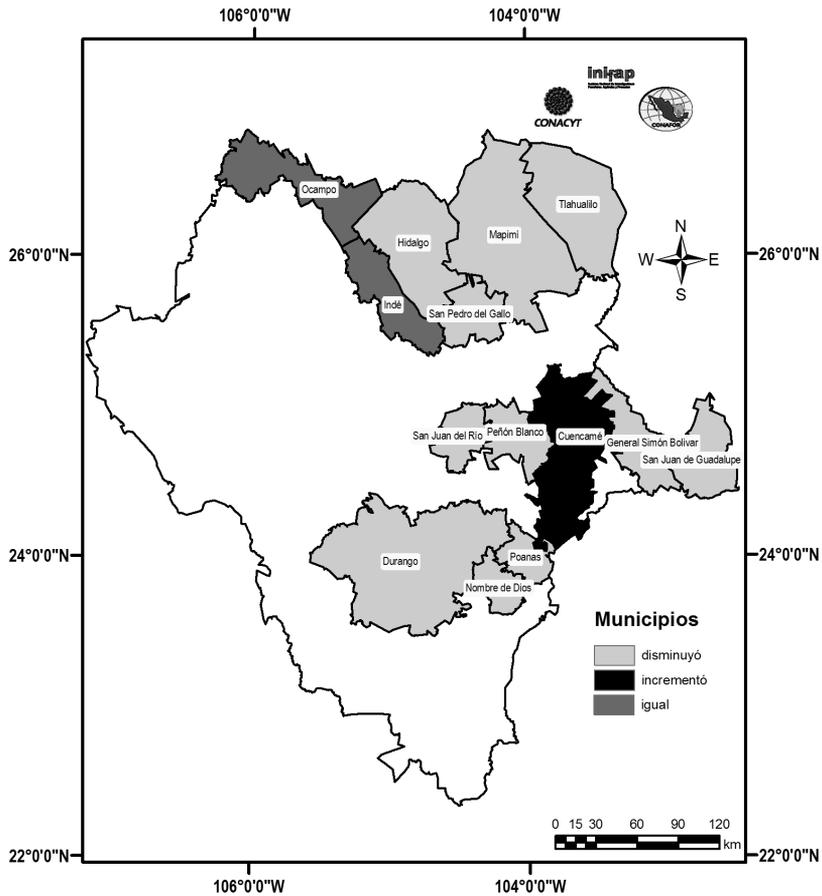
El campo “cambio” se refiere al número de hectáreas que incrementaron o disminuyeron (-) en cada categoría y el campo de tasa anual es el incremento o disminución en ha/año para el periodo estudiado.

Uso de suelo y vegetación	SII (1992) Ha	SIII (2002) ha	Cambio ha	Tasa anual ha/año
Actividades agrícolas, pecuarias y forestales	1198763	1196686	-2077	-208
Área sin vegetación aparente	8827	9401	574	57
Asentamiento humano	23482	24209	728	73
Bosque	5322209	5233695	-88515	-8851
Chaparral	305305	38977	-266327	-26633
Cuerpo de agua	41813	40313	-1500	-150
Matorral	1428919	1372238	-56681	-5668
Pastizal	2123234	2445423	322189	32219
Selva	496014	567570	71556	7156
Mezquital	49050	44211	-4839	-484
Matorral desértico micrófilo	1194172	1188427	-5744	-574
Otros tipos de vegetación	138321	168958	30638	3064

La división política del estado de Durango enmarca a 39 municipios, que en el contexto de contar con superficie de mezquiales solamente 14 cumplen con esta característica, y en 11 de estos se cuenta con más del 95% de la superficie de mezquite, destacando los municipios de Hidalgo, San Juan de Guadalupe y Simón Bolívar (Cuadro 2.7 y Figura 2.8). Los municipios que han tenido mayor presión sobre este recurso son: San Juan del Río, Peñon Blanco, Poanas y San Juan de Guadalupe, en estos municipios se observó un decremento de 4,533 ha, de las que 4,839 disminuyeron en el estado de 1992 a 2002, posiblemente por la presión que se ejerce sobre el recurso a través del tipo de aprovechamiento, como lo señalan Meza y Osuna (2003) o aclareos mal realizados técnicamente (CONIF, 1987; Osuna y Meza, 2003).

**Cuadro 2.7. Distribución superficial (ha) y relación de la superficie por municipio con la superficie estatal expresada en porcentaje de área de mezquital en el estado de Durango.**

Municipios	SII (1992)		SIII (2002)	
	ha	relación	ha	relación
Cuencamé	3276	6.7%	3278	7.4%
Durango	444	0.9%	371	0.8%
General Simón Bolívar	6904	14.1%	6805	15.4%
Hidalgo	10822	22.1%	10767	24.4%
Indé	1313	2.7%	1313	3.0%
Mapimí	5033	10.3%	4965	11.2%
Nombre De Dios	3494	7.1%	3491	7.9%
Ocampo	390	0.8%	390	0.9%
Peñón Blanco	2234	4.6%	398	0.9%
Poanas	2396	4.9%	2181	4.9%
San Juan De Guadalupe	8595	17.5%	7391	16.7%
San Juan Del Rio	1278	2.6%	0	0.0%
San Pedro Del Gallo	2662	5.4%	2657	6.0%
Tlahualilo	210	0.4%	204	0.5%



**Figura 2.8. Ubicación de cambios presentados en mezquiteras en los municipios del estado de Durango. Relación que guarda la superficie de 2002 en comparación con la de 1992.**

En la figura 2.8 se observa gráficamente la ubicación de los municipios que mantuvieron la superficie de mezquite como Indé y Ocampo, además, se ubica también el municipio que incrementó la superficie de mezquite, aunque cabe destacar que fue un número reducido de sólo 2 ha. Es importante enfatizar que en los demás municipios del estado con presencia de mezquite, disminuyó su superficie en el periodo estudiado y el caso más drástico lo presenta el municipio de San Juan del Río, que en 2002 no fue detectada superficie con este tipo de vegetación.

### Zacatecas

El incremento de las actividades agrícolas y vegetación de selvas (comunidades vegetales localizadas en climas secos y que están constituidas principalmente por plantas espinosas y leguminosas que se ubican principalmente en las zonas áridas -INEGI, 2009-) en este estado son la causa de cambios

sobre las superficies de matorrales y no es la excepción el matorral desértico micrófilo y el mezquite (Cuadro 2.8), que disminuyen a razón de 7,702 ha/año y 70 ha/año, respectivamente. En el caso de matorral desértico micrófilo, es en el estado en donde se ha dado un mayor aprovechamiento con respecto a su superficie, sin embargo, en el caso de mezquite este ha presentado la tasa más baja de aprovechamiento y por ende de disminución de su superficie en el estado.

**Cuadro 2.8. Distribución superficial (ha) del uso de suelo y vegetación para 1992 y 2002 en Zacatecas.**

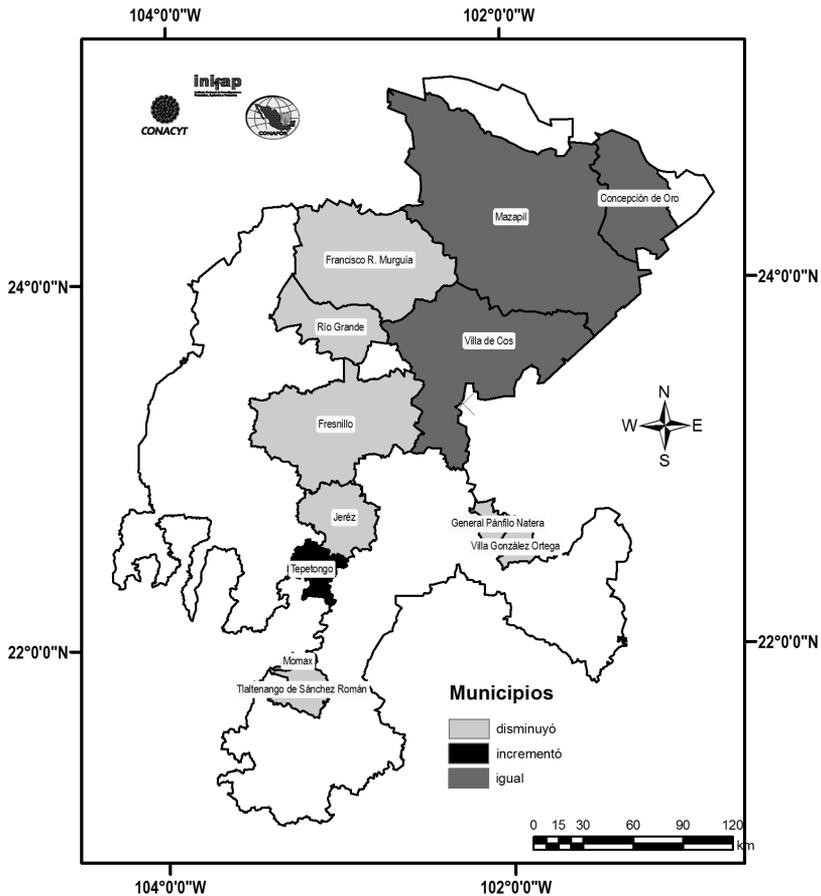
El campo “cambio” se refiere al número de hectáreas que incrementaron o disminuyeron (-) en cada categoría y el campo de tasa anual es el incremento o disminución en ha/año para el periodo estudiado.

Uso de suelo y vegetación	SII (1992) ha	SIII (2002) ha	Cambio ha	Tasa anual ha/año
Actividades agrícolas, pecuarias y forestales	1709136	1877301	168165	16816
Área sin vegetación aparente	2822	2659	-163	-16
Asentamiento humano	26018	27213	1195	120
Bosque	1095444	1086459	-8985	-898
Chaparral	24919	0	-24919	-2492
Cuerpo de agua	14753	14815	62	6
Matorral	1334311	1040592	-293718	-29372
Pastizal	1402053	1383149	-18904	-1890
Selva	116187	378108	261921	26192
Mezquital	20142	19444	-698	-70
Matorral desértico micrófilo	1727827	1650805	-77022	-7702
Otros tipos de vegetación	73967	67033	-6934	-693

Con un total de 56 municipios, solamente 12 cuentan con superficies de mezquiales y en la mitad de estos se concentra más del 90%, tan solo en el municipio de Francisco R. Murguía se tiene 44.6% de la superficie ocupada por mezquite en el estado (Cuadro 2.9). En general, no se tiene un aprovechamiento desmedido en el estado, solamente destacan tres municipios por la cantidad de superficie que disminuyeron con esta vegetación como: Momax, Tlaltenango de Sánchez Román y Fresnillo. La ubicación de los municipios anteriormente mencionados, se puede ubicar en la figura 2.9. En esta misma figura, se aprecia la ubicación de los municipios que mantuvieron su superficie en el noreste del estado.

**Cuadro 2.9. Distribución superficial (ha) y relación de la superficie por municipio con la superficie estatal expresada en porcentaje de área de mezquital en el estado de Zacatecas.**

Municipios	SII (1992)		SIII (2002)	
	ha	relación	ha	relación
Concepción del Oro	575	2.9%	575	3.0%
Francisco R. Murguía	8974	44.6%	8954	46.0%
Fresnillo	1200	6.0%	739	3.8%
General Pánfilo Natera	2726	13.5%	2724	14.0%
Jerez	345	1.7%	344	1.8%
Mazapil	2635	13.1%	2635	13.6%
Momax	274	1.4%	208	1.1%
Río Grande	436	2.2%	435	2.2%
Tepetongo	1113	5.5%	1114	5.7%
Tlaltenango de Sánchez Roman	822	4.1%	677	3.5%
Villa De Cos	881	4.4%	881	4.5%
Villa González Ortega	161	0.8%	159	0.8%



**Figura 2.9. Ubicación de cambios presentados en mezquiteras en los municipios del estado de Durango. Relación que guarda la superficie de 2002 en comparación con 1992.**

La SEMARNAT en 2009, a través de su *Informe de la situación del medio ambiente en México*, público cifras sobre los diferentes tipos de bosques en donde se manifiesta una tendencia de crecimiento a nivel nacional de este tipo de vegetación. Esta información coincide con las cifras que se manejan para el área de estudio, sin embargo, cuando se analizan por estado, Durango y Zacatecas presenta, por el contrario una disminución en este tipo de vegetación, lo anterior ha sido encontrado en el análisis de cambio de uso de suelo de estados como Michoacán (Bocco *et al.*, 2001) y el estado de México (Pineda *et al.*, 2009) o en la Selva Lacandona, Chiapas (De Jong *et al.*, s/f).

Con respecto al matorral, a nivel regional, disminuyó su superficie, esta tendencia es similar a la que reporta la SEMARNAT (2009) a nivel nacional y en algunos estados como Guanajuato (Gobierno del estado de Guanajuato, 2006). Sin embargo, en Chihuahua se presenta un incremento en este tipo de vegetación similar a lo encontrado por Rosete *et al.* (2008), en la Península de Baja California

y en León Guanajuato (Trucíos *et al.*, 2010c). Esta misma tendencia fue encontrada en el matorral desértico micrófilo para los estados de Coahuila y Chihuahua. Este matorral, a nivel regional, presenta una disminución moderada y se puede considerar que se mantiene la superficie considerada como *potencial* a nivel nacional (22'852,473 ha de potencial y 21'575,964 ha en 2002 a nivel nacional).

El mezquite, por su parte, en los cuatro estados tiene un decremento de la superficie, esta misma tendencia se observa a nivel nacional y lo que destaca de acuerdo a SEMARNAT (2009) es la superficie que se considera como potencial para su desarrollo, la cual tiene una superficie de 7'464,372 ha de las cuales en el 2002 a nivel nacional solamente cubría 2'940,221 ha, evidenciando un alto aprovechamiento a esta especie principalmente como leña o como materia prima para elaboración de carbón (Jasso *et al.*, 2002) no solo en esta región, sino también en áreas de mezquiales en otros estados de la república mexicana (Meza y Osuna, 2003). A este respecto, también existen estudios en donde se ha relacionado el deterioro de los recursos naturales al tipo de tenencia de la tierra, es decir, que existe un mayor deterioro en terrenos de uso común, como los manejados por ejidos, en comparación con terrenos manejados por pequeños propietarios (Castro *et al.*, 2008; Orona *et al.*, 2008; Orona *et al.*, 2010).

## CONCLUSIONES

El tema de deterioro de recursos vegetales puede entenderse como deforestación o explotación de recursos, en lugar de aprovechamiento o en su mayor expresión como pérdida de cobertura vegetal, lo cual nos da como resultado el deterioro de otros recursos como el suelo, a través de la erosión o el agua por azolvamiento de presas, ríos y arroyos. Lo anterior, lo podemos ver como una consecuencia del mal manejo de los recursos al no considerarlos como renovables a largo plazo, es decir, al no entender que la vegetación debe tener un periodo de retorno, es decir, recuperación, que depende de la especie, clima, vegetación asociada, etc.

Por lo anterior, se considera importante señalar, la necesidad de programas de manejo hechos a la medida, que integren las características dasonómicas del recurso por aprovechar, con información generada en el sitio y que se apeguen a un plan de manejo de aprovechamiento sustentable.

Lo anterior, cobra mayor relevancia en especies más sensibles al aprovechamiento, como las especies de zonas áridas, incluyendo el mezquite, que tienen periodos de recuperación más largos a consecuencia de las condiciones climáticas limitantes, donde los estudios puntuales son esenciales para establecer su manejo sustentable, sobre todo de aquellos predios utilizados para producción de carbón.

En este estudio, se determinó que la superficie con mezquite ha disminuido a nivel regional, con una mayor tasa en el estado de Coahuila, donde existen zonas carboneras por excelencia en las cercanías a la Comarca Lagunera y en particular en las áreas ejidales, lo cual puede ser un patrón a seguir para la propuesta de programas de apoyo a servicios ambientales, principalmente en captura de carbono, y desarrollo rural e incluso criterios en ordenamiento del territorio en los tres niveles: federal, estatal y municipal para proteger la vegetación natural a través de programas de

aprovechamiento, desarrollados bajo fundamentos técnicos adecuados, y mitigar las prácticas de explotación del recurso a través de la aplicación de la legislación correspondiente.

## LITERATURA CITADA

- Bocco, G., M. Mendoza y O. R. Masera. 2001. La dinámica del cambio de uso de suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 44. pp. 18-38.
- Castro-Jara, N. V. I. Orona-Castillo, R. Trucíos-Caciano, J. Estrada-Avalos y M. Fortis-Hernández. 2008. Caracterización de los recursos naturales en la Sierra de Lobos, en León, Guanajuato. pp. 380 – 385. *In*: Martínez-Ríos, J. J., M. Vázquez-Navarro, A. Martínez-Ríos, S. Berúmen-Padilla. y R. Santana-Rodríguez. (Editores). Memoria XX Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Centro de Convenciones “Fco. Zarco”, Gómez Palacio, Durango, México. 897 p.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) 1987. Aspectos sobre protección forestal en plantaciones. Actas del curso efectuado en Piedras Blancas, Antioquia. Convenio entre la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal y Holanda. Serie de Documentación No.10. Bogotá D.E. Colombia. 119 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2005. “División Política Estatal”. Escala 1:1000000. Metadato Extraído de Conjunto de Datos vectoriales topográficos y toponímicos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. Geoinformación. Metadatos y mapoteca digital. Revisado en Febrero de 2011 en: <http://www.conabio.gob.mx>.
- De Jong, B., M. A. Castillo, O. Masera y A. Flamenco. s/f. Dinámica de cambio de uso de suelo y emisiones de carbono en el trópico húmedo de México. Resultados finales del análisis de cambio de uso entre 1975 y 2000 Selva Lacandona y El Ocote. ECOSUR e Instituto de Ecología, UNAM, Campus Morelia. 33 p.
- Elvira-Quesada, J. R. 2006. El Cambio de uso de suelo y sus repercusiones en la atmósfera. pp. 191-194. *In*: Urbina-Soria, J. y J. Martínez-Fernández. (Compiladores). Más allá del cambio climático. Las dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. Algunos peligros del cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología – Universidad Nacional Autónoma de México (SEMARNAT-INE-UNAM). 287 p.

- Glennon R., B. Booth, J. Shaner, A. MacDonald and P. Sanchez. 2004. *Editing GIS Features Tutorial*. Environmental System Research Institute, Inc. (ESRI). Wilson. North Carolina. USA. 128 p.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. 2006. Plan Estatal de Ordenamiento Territorial de Guanajuato. Unidad de Planeación e inversión Estratégica. 248 p.
- Gutiérrez P. J. y M. Gould. 2000. SIG: Sistemas de información geográfica, Editorial Síntesis, Madrid, España. 251 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. Guías para la interpretación de cartografía. Uso de suelo y vegetación. Aguascalientes, México. 89 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación: Escala 1:250 000: Serie III. Aguascalientes, México. 74 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2011. Diccionario de datos de Uso de Suelo y Vegetación (vectorial). Geografía. Recursos Naturales. Uso de suelo y vegetación. Aspectos teóricos /metodológicos. Revisado en octubre de 2010 en: [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2004. Metadatos del Conjunto de Datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación Serie III.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1997. Diccionario de datos de Uso de Suelo y Vegetación (vectorial). 33 p.
- Jasso I., R., J. Villanueva D., J. G. Martínez R. e I. Sánchez C. 2002. Sucesión de mezquite y huizache en predios agrícolas y alternativas de reconversión productiva. *In*: J. J. Martínez R., D. Escobedo L., J. Martínez C. y A. Martínez R. (Editores) Memoria de la XIV Semana Internacional de Agronomía. Gómez Palacio, Dgo. pp. 378 – 384.
- López C., F. 1998. Restauración Hidrológico-Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. Ingeniería Medioambiental. Transformación Agraria S. A. (TRAGSA), Tecnología y Servicios Agrarios, S. A (TRAGSATEC) y Ministerio del Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 2ª Edición. 945 p.
- McNeely, J. A., K. R. Miller and W. V. Reid, R. 1990. *Conserving the world's biological diversity*. IUCN, WRI, CI, WWF-US, World Bank. 193 p.
- Meza S., R. y E. Osuna L. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de Las Pocitas, B. C. S. Folleto Científico No. 3. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santos. INIFAP-SAGARPA. La Paz Baja California, México. 52 p.
- Miranda, F. y E. Hernández X..1963. Los tipos de vegetación en México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 28. 73 p.

- Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. pp. 1-12. *In: Sarukhán, J. y R. Dirzo (comps.). México ante los retos de la biodiversidad.* CONABIO. México.
- Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. Situación de los bosques del mundo. Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica División de Comunicación. Roma, Italia. 158 p.
- Orona C., I., F. Domínguez P., J. Estrada A., R. Zúñiga T., M. Rivera G., E. Salazar S. y M. Fortis H. 2008. Productividad del agua en las actividades productivas del municipio de León Guanajuato, México. *AGROFAZ* 8(3): pp. 57- 66.
- Orona C., I., R. Trucíos C., R. Figueroa V., M. Fortis H. y J. A. Muñoz V. 2010. Aspectos socioeconómicos del uso del agua en el municipio de León, Gto. pp. 35-54. *In: J. Estrada, A., R. Trucíos C., J. Villanueva D., J. L. González B. y L. F. Flores L. Manejo sustentable de los recursos naturales: Sierra de Lobos, León, Guanajuato.* INIFAP. 202 p.
- Osuna L., E. y R. Meza S. 2003. Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de baja California sur. Folleto Técnico No. 8. INIFAP, Campo Experimental Todos Santos. 55 p.
- Pineda J. N. B., J. Bosque S., M. Gómez D. y W. Plata R. 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de geografía. UNAM. Núm. 69.* pp. 33-52.
- Rosete- Vergés, F. A., J. L. Pérea-Damián y G. Bocco. 2008. Cambio de uso de suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 67: pp 39-58.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México.* Limusa, México, D.F. 432 p.
- Sarukhán, J. (Coord.). 2006. *Capital natural y bienestar social.* CONABIO. Redacta S.A. de C.V. (Edit.) 71 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales.* México. 2008. 380 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2009. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales.* México. Ed. 2008. 358 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005. *El medio ambiente en México. En resumen.* México, D. F. 91 p.

- Trucíos C., R., J. Estrada A., M. Rivera G., V. Guerra de la C., e I. Orona C. 2010c. Sistemas de información geográfica de la cuenca del río Zahuapan. pp. 1-31. *In*: Estrada A. J., R. Trucíos C. J. Villanueva D., J. M. Rivera G. y L. F. Flores L. Manejo Sustentable de los recursos naturales en el río Zahuapan, Tlaxcala. Libro Técnico No. 7. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. 206 p.
- Trucíos C., R., J. Estrada A., M. Rivera G. y G. Delgado R. 2010a. Compilación y edición de cartografía para la conformación de sistemas de información geográfica: Caso de estudio León, Guanajuato. Folleto Técnico No. 17. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. 49 p.
- Trucíos C., R., J. Estrada A., R. Paredes M. J. L. González B. y L. M. Valenzuela N. 2010b. Sistemas de información geográfica. pp. 1-34. *In*: Estrada A. J., R. Trucíos C. J. Villanueva D., J. L. González B. y L. F. Flores L. Manejo Sustentable de los recursos naturales: Sierra de Lobos, León, Guanajuato. Libro Técnico No. 6. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. 202 p.
- Trucíos C., R., M. Rivera G., J. Estrada A. e I. Orona C. 2009. Análisis temporal del cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo en el norte de León, Guanajuato. *Agrofaz*. Volumen 9. Núm. 3. pp. 105-113.
- Villanueva D., J. y A Hernández D. 2004. Estructura y crecimiento anual de algunas mezquiteras en San Luis Potosí. *Ciencia forestal en México*. Jul-Dic 2004. Vol.29. Núm. 96. pp. 1- 27.
- Villanueva-Díaz., J., R. Jasso-Ibarra., G. González-Cervantes., I. Sánchez-Cohen. y C. Potisek-Talavera. 2004. El Mezquite en la Comarca Lagunera. Alternativa de producción integral para ecosistemas desérticos. Folleto Científico No. 14. Gómez Palacio, Dgo. 35 p.
- Viramontes, D. y L. Decroix. 2001. Consecuencias Hidrológicas de la Sobreutilización del Medio en la Alta Cuenca del Río Nazas. *In*: XI Congreso Nacional de Irrigación Simposio 5. Manejo Integral de Cuencas. Septiembre 19-21 Guanajuato, Guanajuato, México. pp. 23-29.
- Viramontes, D., E. Anaya, C. García, J. Paulenard, H. Barral, L. Macias y M. G. R. C. 2004. Demasiado Ganado y demasiados leñadores: una economía minera. pp. 183-193. *In*: Decroix, L. J. L. González B. y J. Estrada. A. (Editores) La Sierra Madre Occidental, una fuente de agua amenazada. Ediciones INIFAP-IRD. Gómez Palacio, México. 300 p.
- Zavala C., F. y E. García M. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 47 p.



# CAPÍTULO III

## LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MEZQUITE



Luis Manuel Valenzuela Núñez

Ramón Trucíos Caciano

Julio César Ríos Saucedo

Martín Martínez Salvador

Juan Antonio López Hernández



## INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales proporcionan una extensa variedad de bienes y servicios, tangibles e intangibles con creciente demanda de la sociedad que habita en las zonas rurales y urbanas, como es la producción de madera, leña, frutos, etc. En los ecosistemas semidesérticos, son pocas las alternativas de producción que pueden derivarse de las especies que se desarrollan de manera natural en condiciones de baja disponibilidad de agua (Villanueva *et al.*, 2004).

En las zonas áridas y semiáridas del país, el mezquite (*Prosopis sp*) es una especie de importancia económica, social y ecológica en la región norte-centro de México. Uno de los productos más importantes del mezquite es la madera, la cual es apreciada por su resistencia y calidad para la elaboración de carbón (Meza y Osuna, 2003).

Desde un aspecto tanto económico como ecológico, el mezquite constituye un recurso forestal maderable de gran importancia para los campesinos de zonas áridas y semiáridas de México (Silbert, 1988); sin embargo, su aprovechamiento ha conducido a la degradación acelerada de las comunidades de mezquite, no sólo en la pérdida del recurso en sí, sino en el deterioro de los suelos; estos fenómenos conducen a la alteración del equilibrio ecológico de ecosistemas de zonas de mezquiales, el uso irracional de los recursos de los mezquiales afectan en gran medida a las comunidades rurales de esos sitios, sean ejidatarios, pequeños propietarios o miembros de propiedades comunales. En consecuencia, es necesario aplicar técnicas silvícolas que permitan su aprovechamiento racional y sostenible (Cervantes, 2003). Desde la antigüedad, el mezquite constituyó una fuente de obtención de diversos productos para los pobladores de las zonas áridas del norte de América (Gómez, 2008).

El manejo forestal es un componente importante en el aprovechamiento de los recursos forestales maderables y no maderables. Por ello, su cuidadosa ejecución es importante no sólo para garantizar la sostenibilidad de los bosques sino para la continuidad de la silvicultura. Se consideran recursos forestales no maderables a todos los productos vegetales, hongos y servicios obtenidos en los terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal, se encuentran en estado silvestre y se obtienen por medio de la recolección (CONAF, 1996). El manejo forestal involucra además, aspectos administrativos, legales, técnicos, económicos, sociales y ambientales de la conservación y uso de los bosques, está orientado a la extracción de madera y los productos no maderables, lo que ha permitido proteger los bosques y generar ingresos que contribuyan a disminuir la pobreza y favorezcan la organización de los pobladores.

El objetivo del presente capítulo es presentar los lineamientos técnicos para el aprovechamiento sustentable del mezquite, tendiendo a la conservación del recurso.

## ANTECEDENTES

Más del 80% de los bosques mexicanos se encuentran en manos de los sectores rurales más pobres del país, principalmente comunidades y ejidos. Dichos sectores han sufrido importantes períodos de crisis y empobrecimiento debido a la dificultad de acceso a sus predios, a la falta de capacidad técnica y financiera, así como al fomento de actividades agropecuarias entre las décadas de los años 60's a 80's, ocasionando un empobrecimiento progresivo del suelo gracias a que gran parte de estas actividades se llevaron a cabo en terrenos sin aptitud para la agricultura o ganadería (Segura, 1996; Banco Mundial, 1995).

En épocas pasadas, los bosques de mezquite ocupaban grandes extensiones en México, pero el cambio de uso del suelo para el establecimiento de cultivos agrícolas, la extracción inmoderada de leña, los métodos inapropiados de producción de carbón y el mal aprovechamiento en general, han contribuido al deterioro y desaparición de mucha de la superficie original. Gómez *et al.*, (1970), reportan que entre 1956 y 1965 se produjeron a nivel nacional 78 000 toneladas de carbón, 104 000 m<sup>3</sup> de leña y 115 000 m<sup>3</sup> de postes, y trocería. Sin embargo, la problemática del aprovechamiento del mezquite lo constituye la extracción de madera para leña y carbón, ya que el 65 % de la madera extraída en México se usa como leña. Actualmente el 30% de los poblados de las comunidades rurales de la región árida y semiárida del país consumen leña para uso en el hogar. (Villanueva *et al.*, 2004).

Dentro de la situación forestal general, destaca la degradación del recurso forestal, la cual es el resultado del aprovechamiento intensivo de las poblaciones de mezquite, del sobrepastoreo, el cambio de uso de suelo, entre otras, agotando así sus fuentes de aprovechamiento de una forma acelerada.

Otro de los problemas del sector es que los trabajos de recolección son mal pagados, ya que los compradores siguen la ley de un mercado utópico, que fija precios, calidad y cantidad, por lo que el recolector no percibe el recurso necesario para cubrir sus necesidades y debe realizar otras actividades (Toledo *et al.*, 1989).

Los avisos de aprovechamiento por parte de la autoridad, no cuentan con mecanismos de supervisión de actividades de recolecta o cosecha, que identifique regiones o productores que realicen prácticas de recolecta o cosecha no sustentable. Lo anterior provoca el incumplimiento de las disposiciones y se pierden los controles sobre la legal procedencia del recurso. Adicionalmente a los problemas de exceso de regulación, la normatividad relacionada con productos forestales no maderables (PFNM) tiene un problema de sobreposición de procedimientos y requisitos impuestos por la nueva

Ley General de Vida Silvestre. En este sentido, la sobreposición genera confusión (incluso en la autoridad) y frena el cumplimiento de la Ley (García-Peña, 2001, Torrez y Zamora, 2001).

Los recursos forestales no han sido conservados ni aprovechados de manera sustentable, a pesar de su gran importancia. Actualmente México presenta una de las tasas de deforestación más importantes de Latinoamérica debido principalmente a actividades de conversión del uso del suelo. Aunado a lo anterior, el Sector Forestal está atravesando por una crisis severa en donde la producción a declinado considerablemente y las importaciones de productos forestales se han incrementado significativamente (Segura, 1996). De 1987 a 1994 dicho sector disminuyó su aportación al PIB de 1.3% al 1%, que comparado con el sector agropecuario (7%), muestra los signos de una importante depresión (Merino, 1997).

La variada gama de productos forestales en el país involucra diversas formas de aprovechamiento, diferentes tipos de productores, así como procesos de beneficio o industrialización variados. De aquí que el número de productos no maderables bajo aprovechamiento supera, con mucho, a la cantidad de especies involucradas. Esto muestra que partes de una especie pueden producir derivados y productos diferentes e incluso cada uno de éstos puede tener diferentes usos y aplicaciones. Por otra parte, el aprovechamiento puede involucrar solo una parte de una planta, que puede ser la raíz, el tallo, hojas, flores, frutos, corteza o algún exudado. En la mayoría de los casos el aprovechamiento es terminal, esto es, aunque solo se disponga de una parte de la planta, la forma de recolecta o la importancia de la parte cosechada imposibilita a que la especie sobreviva. En otros casos se siguen procedimientos de recolecta en los que incluso se pone en riesgo la capacidad reproductiva de la planta en el largo plazo, ya sea porque se destruye o altera el hábitat o micro hábitat de la especie, o bien, porque el aprovechamiento es tan intensivo que elimina a los individuos en una superficie considerable (García-Peña, 2001).

Algunos estudios sobre la materia, muestran que comúnmente los aprovechamientos proporcionan las utilidades más bajas por unidad de área dentro del bosque (Negreros *et al.*, 2000). De aquí que estos ingresos son rara vez suficientes para mantener los requerimientos de subsistencia de los propietarios o recolectores. Esta condición obliga a los recolectores a sobreexplotar el inventario, buscar nuevas actividades, o bien manipular el bosque para obtener mejores utilidades (Figura 3.1).



**Figura 3.1. Aprovechamiento clandestino de madera de mezquite en la Comarca Lagunera de Coahuila (Foto: Periódico Milenio, 11 de julio de 2011).**

La mayor parte de los aprovechamientos no toman en consideración prácticas de recolecta que promuevan regeneración o protección de la especie, o estimación de cosechas (Pacheco *et al.*, 2011).

El aprovechamiento de las especies y productos más importantes está regulado a través de 12 Normas Oficiales Mexicanas. Las normas recomiendan algunos procedimientos de recolecta que minimizan los impactos tanto al hábitat como a la especie. Sin embargo, no existe ningún mecanismo de supervisión de actividades de recolecta o cosecha, o bien algún mecanismo de monitoreo e inspección que identifique regiones o productores que realizan prácticas de recolecta o cosecha no sustentables (García-Peña, 2001).

Las reformas a la Ley Forestal en 1997 homogeneizan la regulación sobre el aprovechamiento para considerar solo un aviso de aprovechamiento. Sin embargo, los avisos carecen de control por parte de la autoridad y el monitoreo del recurso queda desprotegido dentro de este marco jurídico. Reconociendo un error en este sentido, el reglamento a la ley forestal trata de regular el contenido del aviso y su entrega, llegando al grado de confundirlo con una autorización (Sánchez, 2000). Lo anterior, provoca el incumplimiento de las disposiciones. Adicionalmente, se pierden los controles sobre la legal procedencia del recurso y sobre-regulando otros aspectos que hacen inviable el solo hecho de realizar el aviso.

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) en su artículo 73 establece que se requiere autorización de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT) para el aprovechamiento del mezquite. En el artículo 74 de esta misma ley se menciona que las solicitudes que se realicen para el aprovechamiento del mezquite deberán acompañarse de un programa de manejo forestal, entre otros documentos. La información que contengan los programas de manejo debe ser simplificada y estrictamente necesaria para justificar un aprovechamiento sustentable del mezquite, lo que disminuirá los tiempos de elaboración, evaluación y dictamen, en

beneficio de los particulares, lo cual promoverá la incorporación de superficie cubierta por mezquite al aprovechamiento forestal. Estas disposiciones son de aplicación obligatoria para las personas que pretendan aprovechar los recursos forestales provenientes del mezquite (SEMARNAT, 2008).

## **METODOLOGIA PARA LA ELABORACION DE LOS PROGRAMAS DE MANEJO PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MEZQUITE**

Para obtener autorización de aprovechamiento maderable de mezquite en superficies menores o iguales a 20 hectáreas, el programa de manejo forestal que debe acompañarse, será simplificado por predio o por conjunto de predios que no rebasen en total las 250 hectáreas. En aprovechamientos en superficies mayores a 20 hectáreas y menores o iguales a 250 hectáreas, se requiere que el interesado presente un programa de manejo forestal con un nivel intermedio y para aprovechamientos en superficies mayores a 250 hectáreas, se requiere que el interesado presente un Programa de manejo forestal con un nivel avanzado de acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (SEMARNAP, 1996).

El contenido de los programas de manejo simplificado, intermedio y avanzado se presenta a continuación:

### **Objetivos generales y específicos**

Se deberá especificar el objetivo general del aprovechamiento.

- 1. Aprovechamiento de recurso maderable:** Para el caso de que el aprovechamiento esté dirigido a la parte leñosa del mezquite.
- 2. Aprovechamiento de recurso no maderable:** Para el caso de que el aprovechamiento esté dirigido a las partes no leñosas del mezquite y que son susceptibles de aprovechamiento, como es el caso de la goma y resinas, así como los suelos.

### **Los objetivos específicos deberán especificarse según lo descrito a continuación.**

- 1. Producción:** Si se van a realizar actividades que tiendan a generar volúmenes de cosecha (madera, goma, resinas) manteniendo los bienes y servicios.
- 2. Aprovechamiento:** La extracción de los volúmenes de cosecha (madera, goma, resinas), con el mínimo impacto al ecosistema y la contribución al desarrollo social y económico.
- 3. Conservación:** Si el propósito del programa de manejo incluye la mitigación de los impactos ambientales ocasionados por el aprovechamiento del mezquite para proteger las especies de flora y fauna silvestre.
- 4. Restauración:** Si se pretende realizar la recuperación de áreas que presenten procesos erosivos severos, que se encuentren afectadas por incendios, plagas y enfermedades, así como baja densidad poblacional o que se encuentren parcialmente deforestadas.

**5. Protección:** Si el programa de manejo contempla la programación de acciones para prevenir los daños ocasionados por incendios, pastoreo excesivo, plagas, enfermedades y el aprovechamiento clandestino.

### **Ciclo de corta y el turno**

En este apartado se debe indicar el ciclo de corta y el turno, expresado en años, para el conjunto de predios por aprovechar, es conveniente especificar que el turno deberá ser igual o múltiplo del ciclo de corta. Se debe incluir, además el procedimiento de obtención del ciclo de corta y turno. Para el caso del mezquite por su complicada estructura de crecimiento, el turno se fundamenta con base a las variables altura y diámetro basal y se estima un turno de 50 años y 5 ciclos de corta por turno.

### **Análisis de la respuesta del recurso a los tratamientos aplicados anteriormente, con datos dasométricos comparativos**

En este apartado se debe presentar la información siguiente para la totalidad del predio o el conjunto de predios que se pretendan aprovechar.

1. Datos del documento de autorización (fecha, número)
2. Especificar cuál es la unidad mínima de manejo.
3. Especificar cuál fue el tratamiento que se aplicó en el ciclo de corta anterior, los cuales pueden ser selección, aclareos, etc.
4. Especificar cuál fue la meta establecida en el programa de manejo anterior y cuál fue la respuesta de cada uno de los tratamientos con base a los datos del Programa de Manejo actual.

### **Clasificación y cuantificación de las superficies del predio o conjuntos de predios**

Para la cuantificación de las superficies en los programas de manejo forestal para mezquite, se debe atender a la siguiente clasificación:

**1. Áreas de conservación y aprovechamiento restringido:** superficies con vegetación forestal que por sus características físicas y biológicas están sometidas a un régimen de protección, con aprovechamientos restringidos que no pongan en riesgo el suelo, la calidad del agua y la biodiversidad, las que incluyen:

- a) Áreas naturales protegidas;
- b) Superficies para conservar y proteger el hábitat existente de las especies y subespecies de flora y fauna silvestres en riesgo, señaladas en las disposiciones aplicables;

- c) Franja protectora de vegetación ribereña en términos de las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables;
- 2. **Áreas de producción:** superficies en las que, por sus condiciones de vegetación, clima y suelo, puede llevarse a cabo un aprovechamiento sostenible de los recursos forestales;
- 3. **Áreas de restauración:** superficies en donde se han alterado de manera significativa la vegetación de mezquite y la productividad del suelo y que requieren de acciones encaminadas a su rehabilitación;
- 4. **Áreas de protección forestal** que se hayan declarado por la SEMARNAT,
- 5. **Áreas de otros usos.**

### Diagnóstico general de las características físicas y biológicas

La información que debe ser incluida es la siguiente:

1. **Clima:** Tipo y fórmula climática teniendo como base García (1988) o las propuestas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
2. **Suelo:** Indicar la unidad o asociación predominante, subunidad, profundidad promedio (expresada en cm), clase textural y pedregosidad (expresada en porcentaje), tomando como referencia la clasificación de la FAO UNESCO o del INEGI.
3. **Topografía:** Indicar la presencia de sistemas montañosos, provincia fisiográfica, altitud máxima y mínima, pendiente y exposición en base a la información del INEGI.
4. **Hidrografía:** Región hidrológica, cuenca, subcuenca, microcuenca, corrientes permanentes e intermitentes con su respectiva longitud en kilómetros y cuerpos de agua en m<sup>2</sup> basándose en la información del INEGI.
5. **Tipo y estructura de la vegetación y especies dominantes de flora y fauna silvestres:** tipo de vegetación y la superficie total en hectáreas, conforme a las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI más actualizadas; indicar los nombres científico y común de las especies dominantes de flora silvestre, de cada uno de los estratos representados en el predio: arbóreo, arbustivo y herbáceo; indicar los nombres científico y común de las especies dominantes de fauna silvestre y las que estén en la NOM-059-SEMARNAT-2001 especificando el nombre común, el nombre científico y la categoría de riesgo dentro de la norma mencionada.

### Estudio dasométrico

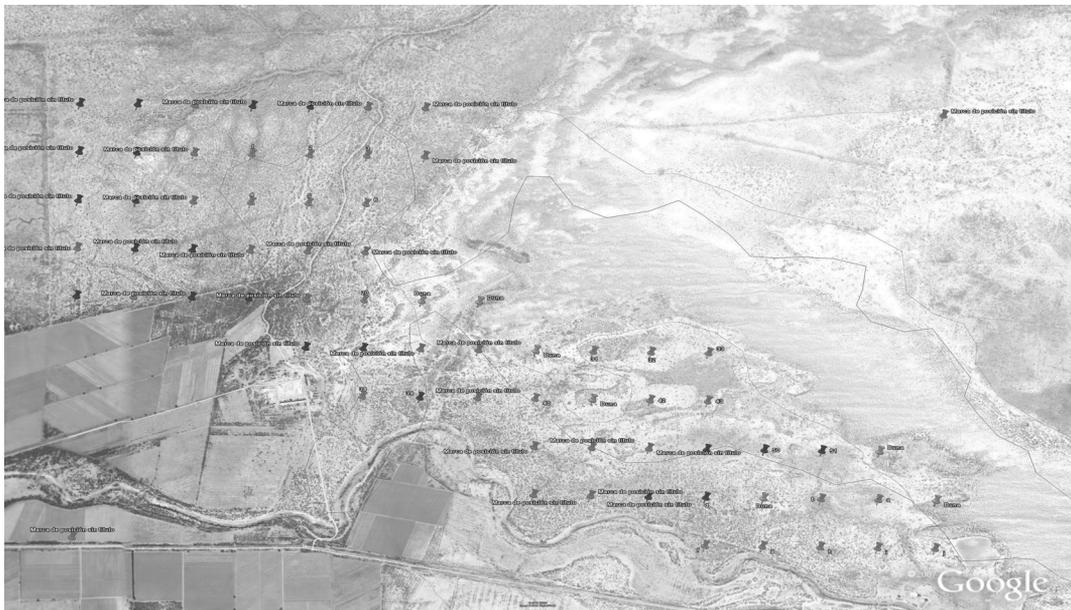
Debe contener la descripción de la metodología del inventario en el predio, cuya confiabilidad mínima deberá ser del noventa y cinco por ciento y un error de muestreo máximo del diez por ciento; las existencias volumétricas, densidades promedio, incrementos, edad y turno de aprovechamiento

y diámetro de corta, así como las densidades residuales. Esta información deberá presentarse en totales, por unidad mínima de manejo y por especie, anexando la memoria de cálculo.

Para el caso de mezquite se propone la metodología para inventario de manejo siguiente:

### Ubicación del sitio

La ubicación se define mediante la distribución de sitios en el plano forestal fotogramétrico, auxiliándose en la fotografía aérea correspondiente y en la cartografía, preferentemente del INEGI, buscando siempre que la distribución de los sitios represente la condición media del rodal o subrodal (Figura 3.2).



**Figura 3.2. Subrodalización de poblaciones de mezquite en la Comarca Lagunera (Municipio de San Pedro de las Colonias).**

### Selección en campo del centro del sitio

Se elige un árbol de preferencia no comercial, como centro del sitio en el cual se elabora un espejo en la corteza de este para anotar los datos de control, es decir los números progresivos de rodal y sitio correspondientes, en caso de no contar con un árbol para tal fin, se debe colocar una estaca de 70 cm de longitud, anotando en ella los datos de control y tomándola como centro del sitio.

### Definir el radio del sitio

Una vez seleccionado el centro del sitio, a partir de este, se traza una circunferencia de 17.84 m de radio, cuando el sitio está ubicado en un terreno de 0% de pendiente y compensando la longitud radical en el sentido de la pendiente, según la tabla del Cuadro 3.1 y a la pendiente media del sitio, para siempre contar con una superficie de muestreo de 1000 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 3.1. Longitud en metros del radio utilizando en la delimitación del sitio de 1000 m<sup>2</sup> (0.1 ha), en diferentes pendientes del terreno y medidas en porcentaje.**

Pendiente (%)	Longitud compensada (m)
0	17.84
10	17.93
20	18.19
30	18.63

Nota: Para dichos trabajos emplear cables previamente compensados para la delimitación de los sitios, en los cuales el nudo 0 marca la longitud del radio de 17.84 m, siendo el siguiente el nudo 1 para el 10 % de pendiente, y así sucesivamente.

### Delimitación del sitio

Una vez definido el radio del sitio con el auxilio de la cuerda compensada, se machetea en dirección del centro del sitio todos los árboles que se ubiquen en el límite de la circunferencia del sitio, de este límite hacia el centro todos los árboles conforman la muestra.

### División del sitio

Para la toma de información fitosanitaria se procede a dividir el sitio en cuatro cuadrantes (I, II, III y VI), tomando como referencia los rumbos magnéticos. Como se muestra en la Figura 3.3.

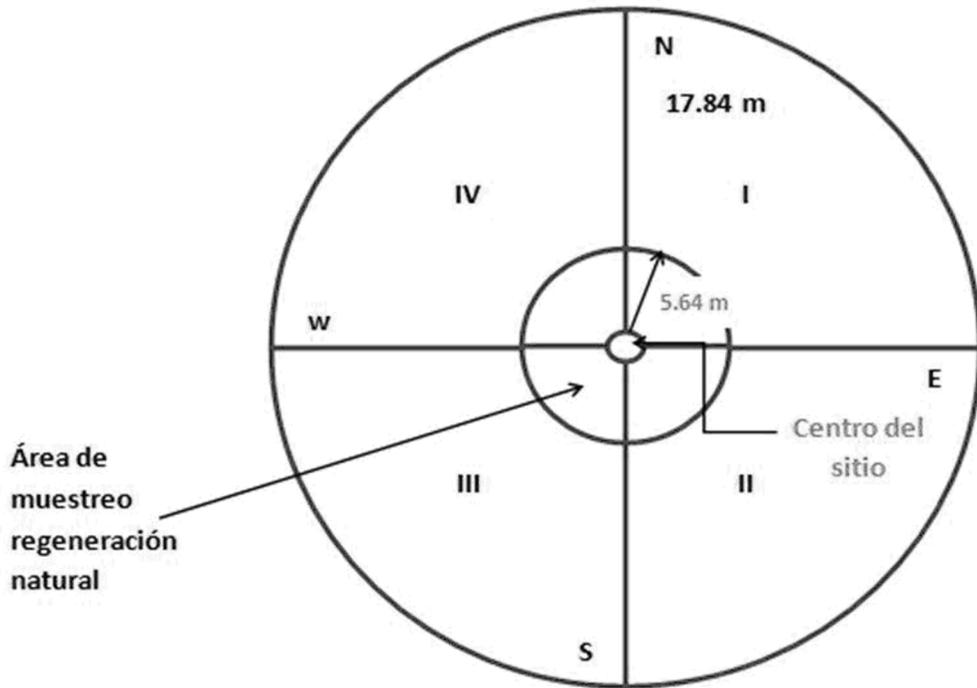


Figura 3.3. Esquema de un sitio de muestreo (1,000 m<sup>2</sup>), en condiciones de pendiente al 0%.

Para el registro de la información sobre la regeneración natural, a partir del centro del sitio se traza una circunferencia de 5.64 m de radio, compensando esta longitud según la condición de pendiente que se encuentre en el terreno, para siempre contar con una superficie de muestreo de 100 m<sup>2</sup>, de acuerdo al Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Longitud (m) del radio compensado utilizado en la delimitación del sitio de 100 m<sup>2</sup> (.001 ha), en diferentes pendientes del terreno y medidas en porcentaje.

Pendiente (%)	Longitud compensada (m)
0	5.64
10	5.67
20	5.75
30	5.89

#### Registro de la información

Esta se debe realizar iniciando desde el punto más al norte magnético en el cuadrante I, en el sentido de las manecillas del reloj y así sucesivamente hasta llegar al cuadrante IV, la información

a levantar se describe a continuación por concepto y de acuerdo a cada campo del formato para el levantamiento del inventario forestal.

#### Variables de control

**a) Estado**

Nombre del estado al que pertenece el predio de estudio.

**b) Municipio**

Al municipio al que pertenece el predio en estudio.

**c) Predio**

Nombre del predio objeto de muestreo.

**d) Fecha**

Fecha del levantamiento de la información en el formato dd-mm-aa.

**e) Coordenadas**

Puntos específicos de cada sitio de muestreo.

**f) No. Control.**

Se debe anotar el número único que identifica el sitio.

**g) Información ecológica**

Se anotará la altitud media sobre el nivel del mar, del sitio. Esta lectura se tomará con altímetro. Si lo anterior no es posible, se tomará el dato por otros medios disponibles como de la carta topográfica escala 1:50 000 del INEGI o con el valor registrado en el geoposicionador.

**h) Pendiente**

Expresada en porcentaje, se calcula con un clinómetro.

**i) Exposición**

La clave correspondiente a la exposición dominante del terreno del área de estudio. Las abreviaciones se presentan en el Cuadro 3.3.

**Cuadro 3.3. Claves utilizadas para la variable de exposición en el sitio.**

Valor	Dirección	Abreviación
1	Cenital	(Z)
2	Norte	(N)
3	Noreste	(NE)
4	Este	(E)
5	Sureste	(SE)
6	Sur	(S)
7	Suroeste	(SW)
8	Oeste	(W)
9	Noroeste	(NW)

**j) Fisiografía**

Condición existente donde se localiza el sitio. Los valores y claves de referencia se presentan en el Cuadro 3.4.

**Cuadro 3.4. Claves utilizadas para la variable de condición en el sitio.**

Valor	Condición	Valor	Condición
1	Bajío	5	Lomerío
2	Planicie	6	Meseta
3	Valle	7	Barranca
4	Ladera	8	Terraza

**k) Compactación de suelo**

Se cuantifica por la introducción de una herramienta punzo-cortante. En base a los valores presentados en el Cuadro 3.5.

**Cuadro 3.5. Claves utilizadas para la variable de compactación del suelo en el sitio.**

Valor	Resistencia
1	Alta
2	Regular
3	Baja

**l) Textura del suelo**

Se registra en base a la clasificación propuesta en el Cuadro 3.6.

**Cuadro 3.6. Claves utilizadas para la variable de textura del suelo en el sitio.**

Valor	Textura
1	Limosa
2	Arenosa
3	Arcillosa
4	Calichosa
5	Limo-arenosa
6	Limo-arcillosa
7	Arcillosa- arenosa

**m) Tipo de erosión.**

Tipo de erosión que predomina en la superficie del sitio se anota de acuerdo a los valores presentados en el Cuadro 3.7:

**Cuadro 3.7. Claves utilizadas para la variable de erosión del suelo en el sitio.**

Valor	Tipo de erosión
0	Nula
1	Laminar
2	Canalillo
3	Cárcava
4	Torrentera

**n) Intensidad de la erosión**

(Intensidad de erosión) Se refiere a la cantidad de superficie erosionada, expresada en % respecto a la superficie total en función de los parámetros presentados en el Cuadro 3.8.

**Cuadro 3.8. Claves utilizadas para la variable de intensidad de erosión del suelo en el sitio.**

Valor	Intensidad de la erosión del SBR
1	1 – 10 % de la superficie
2	11 – 20 % de la superficie
3	21 – 30 % de la superficie
4	31 – 40 % de la superficie
5	41 – 50 % de la superficie
6	51 - 60 % de la superficie
7	61 -70 % de la superficie
8	71 – 80 % de la superficie
9	81 – 90 % de la superficie
0	91 – 100 % de la superficie

**o) Uso Actual del Suelo**

Uso actual del suelo en base a la clasificación presentada en el Cuadro 3.9.

**Cuadro 3.9. Claves utilizadas para la variable de uso del suelo en el sitio.**

Valor	Uso del suelo	Valor	Uso del suelo
1	Forestal en producción maderable	11	Agrícola y fruticultura
2	Forestal en protección	12	Pastizal
3	Franjas en causes y cuerpo de agua	13	Minería
4	Franjas en vías de comunicación	14	Vías de comunicación
5	Fauna silvestre	15	Requeríos
6	Vegetación	16	Suelos con erosión crítica
7	Recreación	17	A. humanos
8	Suelo	18	A. industriales
9	Bajas existencias maderables	19	Áreas de investigación
10	Forestal inaccesible		

**p) Uso potencial del suelo**

El criterio de clasificación estará influenciado entre otros por factores ecológicos y económicos que permitan un uso o producción igual o más rentable que el uso actual. Se emplea la misma clasificación del punto anterior.

**q) Erosión crítica**

Se considera para subrodas con daños graves. Se anota considerando la clasificación propuesta en el Cuadro 3.10:

**Cuadro 3.10. Claves utilizadas para la variable de erosión crítica en suelo en el sitio.**

Valor	% del sitio afectado	
0	0	Insignificante
1	1-10	Poca
2	11-20	Moderada
3	21-30	Severa
4	41-60	Muy severa
5	>A 60	Extrema

**r) Erosión antropogénica**

(Obras como carreteras, caminos, líneas de electricidad, asentamientos humanos, industriales y otros que originen desmontes). Se anota bajo la misma clasificación que el punto anterior.

**s) Sotobosque**

Indicar con el nombre común de las especies arbustivas, herbáceas y pastos más comunes dentro del sitio.

**t) Observaciones**

Las observaciones permitirán tener un diagnóstico de las condiciones actuales en el subrodal muestreado, estas deberán hacerse tomando como base las siguientes ideas: si hay evidencia, estimar hace cuantos años ocurrió el último aprovechamiento, daños por incendios, presencia de plagas o enfermedades, por sus rastros o presencia anotar las especies de fauna silvestre, si hay necesidad de reforestaciones o enriquecimiento del rodal, necesidad de aplicar tratamientos complementarios, (cinchado de árboles, quemas controladas, acordonamiento de desperdicios forestales, etc.), si es necesario hacer trabajos para el control de la erosión como cabeceo de cárcavas, construcción de presas filtrantes, etc., puede usarse la parte posterior del formato para continuar haciendo las observaciones, se deberá además, cuantificar en superficie aquellas áreas dañadas, a reforestar, su número de plantas y especie o de trabajos complementarios a realizar y ubicarlos en los planos fotogramétricos.

Una vez recorrido el rodal para su inventario, se tendrá una visión general de su condición física y silvícola, edad (coetáneo o no coetáneo), estructura (regular o irregular), topografía, accesibilidad del rodal (caminos) y tipo de productos a extraer, con ello en mente se debe hacer una asignación del método de ordenación y una preinscripción del tratamiento silvícola más adecuado para su cultivo y manejo, por ejemplo: para un rodal de estructura regular puede prescribirse un tratamiento silvícola (SEL), de (1A,2A, 3A, CR, o CL), y para un rodal irregular el tratamiento silvícola seleccionado y explicando brevemente el porqué de su elección.

### **Criterios de medición para arbolado de mezquite**

La información silvícola y dasométrica requerida para el mezquite es la que a continuación se describe:

#### Género y especie

Se anota el género y la especie también su nombre común.

#### Altura total

La altura en metros medida desde la base del árbol, hasta la punta de la copa. Para la medición de la altura total se toma en cuenta la forma natural del tallo o fuste principal desde la base hasta la punta de la copa más alta del árbol con la ayuda de un clinómetro, también se puede emplear un longímetro adecuado siempre y cuando la altura no sea de más de tres metros (Figura 3.4) Para los tallos irregulares, se consideran la forma natural del tallo o tallos para cuando existe más de uno (Figura 3.5 y 3.6).

Los datos de altura de los árboles de mezquite se calculan en función de las lecturas que se obtienen con el uso el clinómetro a una distancia horizontal conocida, utilizando la siguiente ecuación:

$$H=(A+B)*C$$

Donde

H: Es la altura del árbol,

A: Es la altura de la parte superior de la copa (que se calcula como el coseno de  $\alpha$ , y  $\alpha$  son los grados calculados por el clinómetro)

B: Es la lectura a la base del tallo,

C: Es la distancia del visor al árbol.

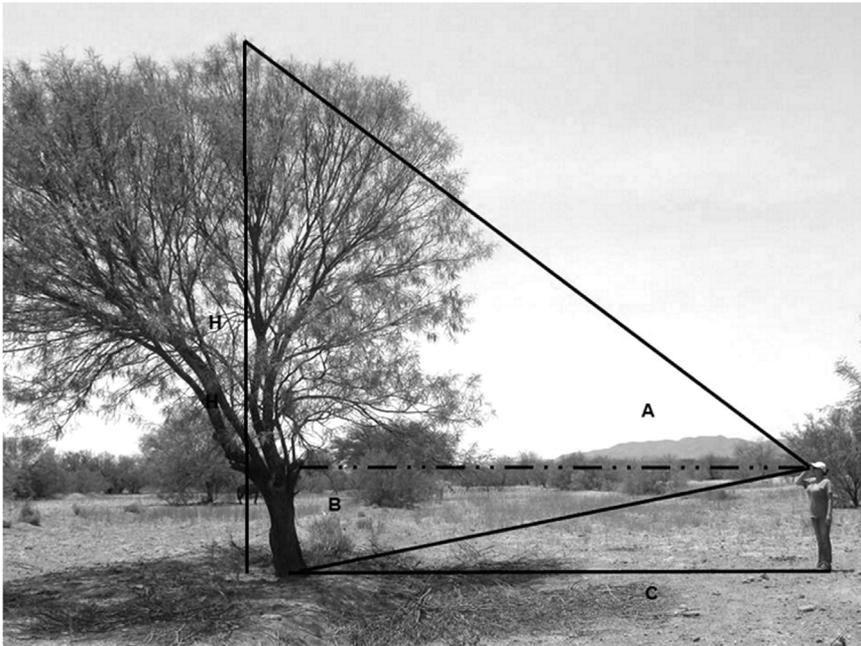


Figura 3.4. Medición de altura total con el uso del clinómetro.



Figura 3.5. Árbol de mezquite con varios tallos.

## Altura comercial (AC)

La altura comercial se mide hasta donde se encuentra un diámetro de 5 cm y se mide en metros con aproximación a los centímetros.

## Diámetro basal

Diámetro en cm medida a la base del árbol. Se debe tener en cuenta lo siguiente: Si es un árbol de un solo tallo es más simple porque se toma la medición a la base con una forcípula. Pero si se presenta una bifurcación se mide primero si está por debajo de los 10 centímetros de altura o si se encuentra por arriba de esta medida. Si se encuentra debajo de los 10 cm se miden ambos diámetros o en su caso todos los diámetros existentes. Si esta bifurcación se presenta arriba de los 10 cm solo se toma una medición, considerando como un individuo (Figura 3.6). Si es un árbol que presenta alguna malformación por diversos factores en la base (afectaciones por enfermedad, incendio, intervención del hombre, etc.) se mide a partir de la base que presenta uniformidad, tomando como base la mala formación del árbol (Figura 3.7).



**Figura 3.6. Árbol de mezquite que presenta bifurcación del tallo a más de 10 cm sobre la superficie del suelo.**



Figura 3.7. Árbol de mezquite con malformaciones en la base.

Diámetro normal

Diámetro normal a 1.30 m, para cada uno de los tallos y las ramas.

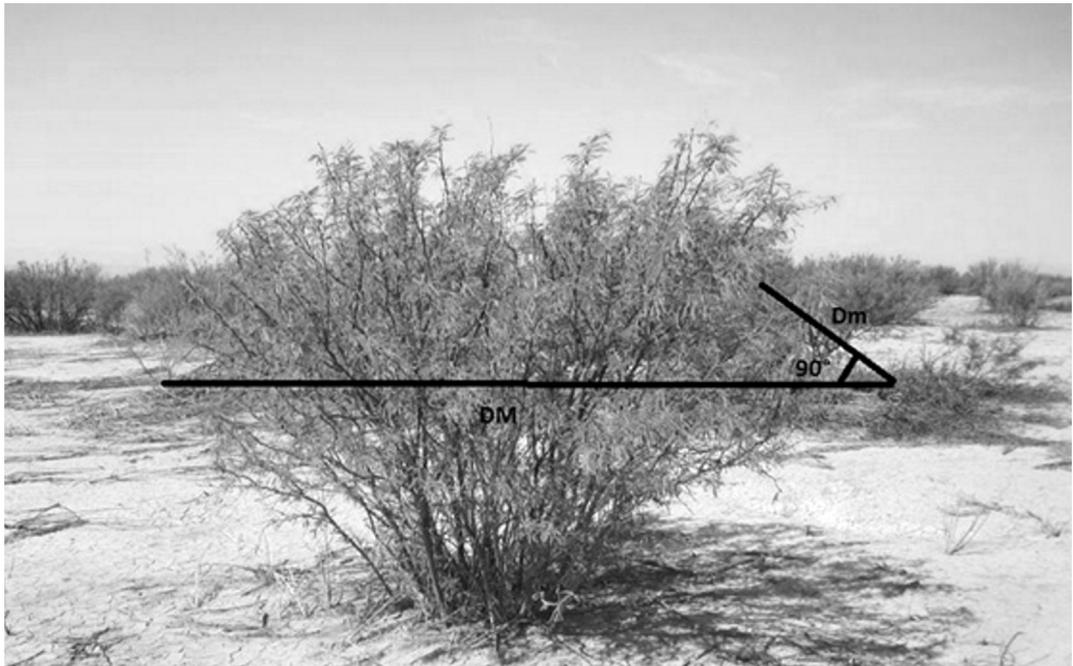


Figura 3.8. Determinación de la superficie de la copa en mezquite.

Volumen de tallos y ramas

Para calcular el volumen de tallos y ramas se utilizó el método de Huber, que consiste en multiplicar el área de la sección media por la longitud del fuste o rama, la suma del volumen de cada segmento

arroja el volumen por árbol. Se deben considerar como madera aprovechable todos los tallos y ramas con diámetros mayores de 5 cm (Figura 3.9).

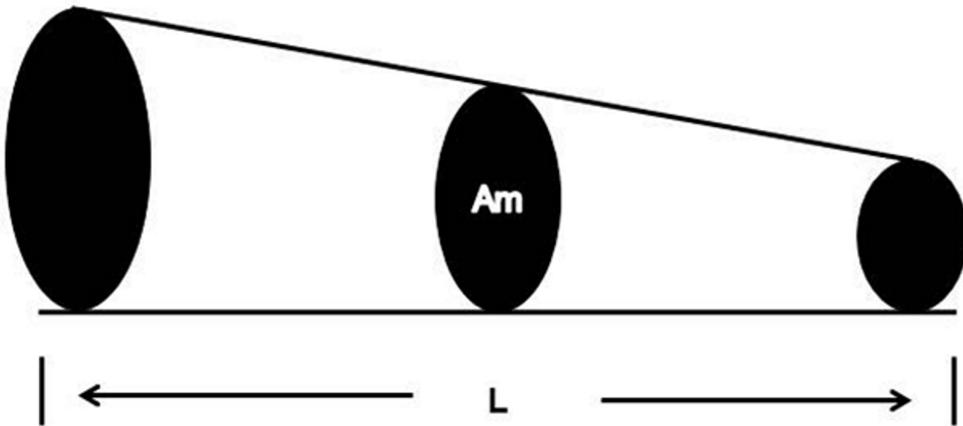


Figura 3.9. Cubicación de una troza de mezquite por el método de Huber.

$$V = A_m * L$$

Donde

V es el volumen del fuste o rama

$A_m$  es el área de la sección media

L es longitud de la troza

Este procedimiento es sencillo y proporciona buenos resultados cuando los fustes no son de excesiva longitud y adoptan formas cilíndricas o de un paraboloide truncado, como en el mezquite (Born y Chojnacky, 1985; Romahn *et al.*, 1994).

Distribución de productos

Para el sitio se debe considerar en una estimación visual del arbolado a remover en el sitio y el volumen que de este arbolado se puede obtener, contabilizando los porcentajes por tipo de producto en base a la clasificación propuesta en el Cuadro 3.11.

**Cuadro 3.11. Clasificación de productos para mezquite.**

<b>Primario</b>	Postes, asierre, etc.
<b>Secundario</b>	Carbón, artesanías.
<b>Terciario</b>	Ramillas, hojas (como abono)

## **Criterios para la asignación del método de ordenación**

### Topología

Una de las grandes ventajas del mezquite es su distribución en superficies relativamente planas por lo que se debe considerar la aplicación del tratamiento de árboles padres, siempre y cuando las características del arbolado garanticen la producción de semilla para el establecimiento de la regeneración. En áreas con arbolado sobre maduro o con pocas existencias reales también puede considerarse la posibilidad de aplicar cortas de selección, pensando en apoyar en la regeneración natural con plantaciones en las áreas menos densas.

### Condición física y sanitaria del arbolado

Para cada sitio del inventario se revisa un árbol por cada cuadrante. Para elegirlos se traza una cruz imaginaria que divida al sitio en cuatro cuadrantes (I, II, III y IV Ver Figura 3.3), en cada uno de ellos se elige el árbol más cercano al centro del sitio; si en algún cuadrante no hay árboles, no se toma la información.

### Justificación del sistema silvícola

Debe incluir los tratamientos complementarios.

### Posibilidad anual y descripción del procedimiento para su obtención

Se debe incluir un plan de cortas por unidad mínima de manejo, los tratamientos silvícolas a aplicar y la propuesta de distribución de productos, para este apartado referirse al Cuadro 11.

## **Descripción y planeación de la infraestructura necesaria para la ejecución del programa de manejo forestal y el transporte de las materias primas forestales**

Se deben identificar los caminos existentes para la ejecución correcta del programa de manejo y el transporte de las materias primas que se obtengan del mezquite y describir las acciones de mantenimiento y rehabilitación de caminos que se realizarán dentro del predio, así como la descripción y la justificación de la construcción o ampliación de los caminos que se realizarán en el predio.

## **Los compromisos de reforestación cuando no se presente la regeneración natural**

En este apartado hacer un análisis de la regeneración natural existente y con esto implementar técnicas de reforestación para asegurar las poblaciones de mezquite en las áreas de intervención.

## **Medidas necesarias para prevenir, controlar y combatir incendios, plagas y enfermedades forestales, así como el calendario para su ejecución**

En este apartado hay que describir las medidas de prevención para la conservación y protección de las poblaciones de mezquite

## **Descripción y programación de las medidas de prevención y mitigación**

Describir la forma en que se adoptarán medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales durante las distintas etapas de manejo, así como las que se deberán realizar aun cuando el predio se encuentre en receso o termine la vigencia de la autorización. Cuando existan especies de flora y fauna silvestres en riesgo, se especificarán las medidas de conservación y protección de su hábitat. Cuando exista autorización favorable en materia de impacto ambiental para el aprovechamiento solicitado, se exceptuará la presentación de lo indicado.

### **Método para la identificación del arbolado por aprovechar, el cual deberá ser personalizado, indeleble y notable a simple vista**

Indicar el método para identificar el arbolado y sus especificaciones para marcar los árboles que serán derribados utilizando martillo, pintura, etiquetas, etc.

### **Nombre, denominación o razón social**

En este apartado deben incluirse los datos de inscripción en el Registro del prestador de servicios técnicos forestales que haya formulado el programa y, en su caso, del responsable de dirigir su ejecución y evaluación.

### **Planos del Programa de Manejo**

Se deben incluir cuatro tipos de plano:

Plano 1: Áreas de corta mediante números y en orden cronológico a su intervención y tratamientos silvícolas.

Plano 2: Clasificación de superficies y corrientes permanentes, intermitentes y cuerpos de agua.

Plano 3: Sitios de acuerdo al diseño del muestreo tratamientos de complemento.

Plano 4: Tipos de vegetación, infraestructura actual y por construir y las curvas de nivel.

Estos planos deberán contener todos datos del predio (localización, simbología, orientación, delimitación de cuencas, escala, nombre del responsable) y deberá esta proyectado en coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM).

## **ACEPTACIÓN COMERCIAL Y CULINARIA**

### **Carbón**

El uso del mezquite con mayor importancia económica ha sido, sin lugar a dudas, la producción de carbón, la cual se realiza normalmente sin fundamentos técnicos en muchos lugares y sin planes de manejo preestablecidos, lo que implica que en este esquema de explotación los árboles sean prácticamente eliminados desde la raíz, lo que limita seriamente su recuperación, originando erosión

y destrucción del hábitat para la fauna silvestre (Arellano, 1996). A esto se suma la baja eficiencia en la transformación de leña a carbón, que en los esquemas de explotación tradicional se utiliza un horno acondicionado de manera temporal denominado “chavete” (Figura 3.10) que tiene un 20% de eficiencia de transformación (Villanueva *et al.*, 2004).



**Figura 3.10.** Tipos de métodos para la elaboración de carbón en el norte-centro de México.

La gran aceptación que tiene el carbón de mezquite en la demanda de combustible tanto en las zonas rurales como en la preparación de parrilladas en eventos sociales se debe a su alto valor calórico y la escasa producción de ceniza, además que da un sabor muy agradable a las carnes (Felker, 1981).

### Fruto

La producción de vaina es uno de los componentes menos estudiados, pero que sin lugar a duda es de gran trascendencia en explotaciones intensivas de ganado caprino y vacuno, donde este fruto constituye un alto porcentaje de la dieta, principalmente en los meses de junio a agosto. Villanueva (1993) reporta un rango de producción de 7 a 20 kg árbol<sup>-1</sup>, que es variable a través de los años y puede ser alternante. Los beneficios derivados del consumo directo del fruto, de acuerdo con la opinión de los pobladores, se reflejan en un incremento corporal y de producción láctea; el fruto también puede mezclarse con otros alimentos para formar dietas balanceadas con alto valor energético. Un estudio realizado por Díaz (1954) menciona que el valor nutritivo y la digestibilidad de las vainas molidas son comparables a los de heno de alfalfa, sin embargo, es necesario que sean procesadas para prevenir problemas en el ganado, se comprobó que agregando hasta un 30% de

una mezcla de semillas de mango, vainas de mezquite y de algas marinas al alimento concentrado para animales de baja producción, no afecta ni el rendimiento ni la cantidad de la leche. Aunque si se agrega el 45% de vainas de mezquite al alimento concentrado para toros produce trastornos metabólicos en la captación del fósforo; si sólo se incorpora hasta un 20% de vaina, no se detectan efectos adversos en el metabolismo de los nutrientes. La vaina puede sustituir a la cebada en la alimentación del ganado, ya que los aumentos de peso son similares en 10 semanas (Figura 3.11).



**Figura 3.11. Ganado vacuno alimentándose de vainas maduras de mezquite en San Juan de Guadalupe, Dgo.**

Las vainas eran usadas en tiempos anteriores por los grupos indígenas que habitaban del norte de México para hacer pan, y se afirma este uso señalando el alto valor nutritivo del pan hecho a partir de las vainas secas y molidas. En la actualidad este uso se ha ido perdiendo quedando muy restringida su producción en algunos lugares. La harina obtenida del molido de las vainas es rica en calorías y factible de exportar cumpliendo con los estándares de calidad requeridos (Villanueva *et al.*, 2004). Según Muthana (1985), las vainas son transformadas en harina gruesa, se extraen las semillas y se hace fermentar para obtener una cerveza suave y agradable. Generalmente se escogen las vainas más grandes y carnosas antes de que caigan al suelo para triturarlas y obtener un polvo fino que se tamiza para separarlo de residuos. Con las semillas se pueden elaborar bebidas calientes o bien pueden pulverizarse para incorporarlas a la dieta del ganado.

## Usos medicinales

En México, se extraen de las hojas de mezquite sustancias medicinales, por ejemplo, principios de vinalina, que son usados en medicina como antimicrobianos; las hojas hervidas se utilizan para curar afecciones en los ojos, a manera de colirio; en algunos lugares se usa para curar catarros y gripes; los frutos cocidos se usan para disolver cálculos vesiculares (Lewis 1977; Gómez, 2008).

En otros lugares el jugo se usa en casos de cáncer, también como purgante, para dolores de estómago, escalofríos, diarrea, disentería, excrecencias, ojos, gripe, dolor de cabeza, bronquitis, inflamación, comezón, sarampión, garganta, y heridas con los extractos acuosos y alcohólicos, que son notablemente antibacterianos. (Gómez, 2008).

## Madera

La madera, aunque de excelente calidad por su grano fino, compacta y de colores agradables, no es utilizada más que en artesanías o como estantes, debido a la irregularidad de las trozas (Figura 3.12). Presenta albura amarilla pálido, duramen rojizo amarillento o rojo, vinoso, compacto-elástico, no muy pesada, dura pero fácil de ser trabajada (Díaz y Celis, 1995). Es muy durable siendo utilizada para la elaboración de tutores, puentes, tablas, durmientes, varas para cercas y artesanías (Ribaski y Lima, 1997). La corteza se usa en la curtiduría, y el exudado de goma resinosa de color amarillo hace las veces de goma arábiga se usa en encolado de papel, impresión de estampados y cosméticos, además de la industria cervecera y refresquera (Gómez, 2008, Villanueva *et al.*, 2004). En referencia al contenido de taninos, según Simpson (1977) se ha determinado en raíz: 6,7%, en corteza: 3–8,4% y en madera seca: 0,9%, que se utilizan con diversos fines.

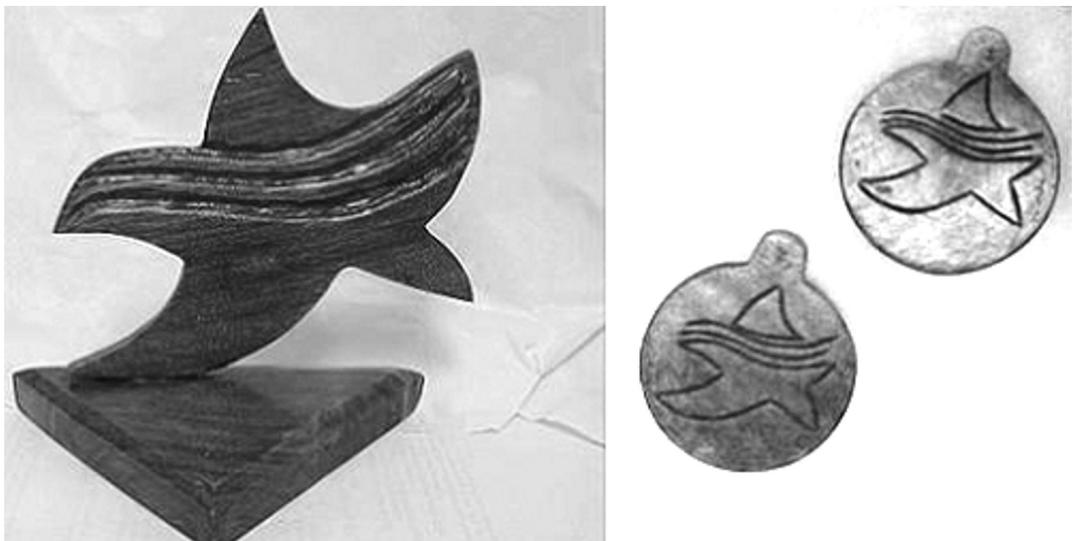


Figura 3.12. Artesanías elaboradas con la madera tallada de mezquite (Foto: Organización Círculo Verde).

## CONCLUSIONES

El mezquite significa un potencial importante de aprovechamiento en los estados del norte-centro de México. Las instituciones como el Banco Mundial y la FAO, en la búsqueda de mecanismos para detener el creciente deterioro de los bosques a escala mundial han recomendado en varios de sus estudios, promover el buen aprovechamiento y comercialización de los recursos maderables y no maderables. Dicho mecanismo, cuando es utilizado en conjunto con otras buenas prácticas, tales como el involucrar a las comunidades locales en la formulación de políticas forestales, es una de las estrategias más eficaces para alentar la conservación de los ecosistemas forestales, así como para reducir la pobreza rural y atraer divisas al país.

Los productos provenientes del mezquite ofrecen un potencial importante como fuente de ingresos y empleo y generan alimentos, medicinas y otros productos para el autoconsumo de la población rural.

Los problemas fundamentales respecto a la utilización de los productos del mezquite son su aprovechamiento no sustentable, los mercados poco desarrollados, la falta de promoción, investigación, incentivos gubernamentales y la sobrerregulación.

No se tiene suficiente conocimiento sobre las técnicas de manejo, aprovechamiento, caracterización biológica, distribución y existencias del mezquite. Por lo general, el aprovechamiento de esta especie se hace empíricamente en la actualidad. De igual modo, falta la evaluación y monitoreo de los aprovechamientos.

En gran parte el comercio de los productos del mezquite se hace de manera informal e irregular, lo que da lugar a la existencia de intermediarios quienes controlan la información sobre el mercado. Poca información llega hasta las personas involucradas con el aprovechamiento de mezquite, lo que ocasiona que se les paguen precios reducidos. La falta de organización de los productores para acceder al mercado y su incapacidad para fortalecer su posición frente a los intermediarios, limitan los beneficios para la población rural que pudieran obtener del buen aprovechamiento del mezquite.

## LITERATURA CITADA

Arellano D., S. 1996. Determinación del potencial productivo del mezquite (*Prosopis* spp) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Durango. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo. 63 p.

Banco Mundial. 1995. Oficina Regional de América Latina y el Caribe. México: Estudio de Revisión del Sector Forestal y Conservación de Recursos. Banco Mundial. Número de reporte: 13114-ME. 129 p.

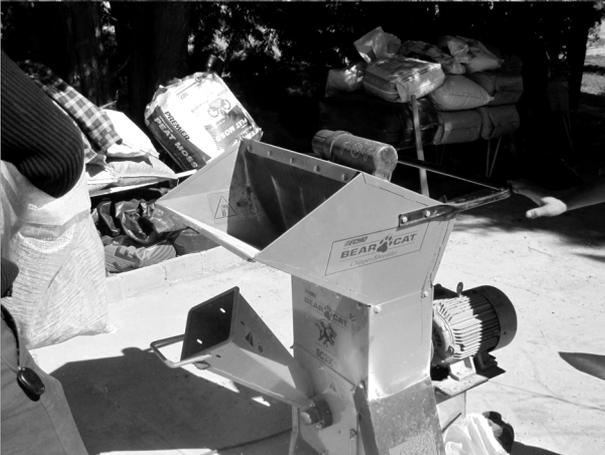
Born, D.J. and D.C. Chojnacky. 1985. *Woodland tree volume estimation: A visual segmentation technique*. Research Paper INT-344. USDA - Forest Service. USA. 16 p.

- Cervantes R., M., 2003. Plantas de Importancia Económica en las Zonas Áridas y Semiáridas de México. Temas Selectos de Geografía de México. I. Textos Monográficos. 5 Economía. Instituto de Geografía, UNAM. 153 p.
- Comisión Nacional Forestal. 1996. Reserva Nacional de Malleco. Plan de Ordenación. Documento Seminario. Chile. 54 p.
- Díaz, M. 1954. El Género *Prosopis* "Algarrobos" En América Latina y El Caribe. Distribución, Bioecología, Usos y Manejo. CONCYTEC-FAO. Consulta en línea. Fecha de Consulta Octubre 2011. <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD314S/AD314S00.htm#TOC>.
- Díaz-Celis A. 1995. Los algarrobos. CONCYTEC. Lima, Perú. 217 p.
- Lewis W.H. and Elvin-Lewis, P.F. 1977. Medical botany: Plants affecting man's health. John Wiley & Sons, New York. 353 p.
- Felker P. 1981. *Uses of tree legumes in semiarid regions*. Economic Botany 35(2): pp.174-186.
- García, E., 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México, D.F. 246 p.
- García-Peña, V. E. 2001. Marco Institucional, Normativo y Político para el Manejo y Comercialización de Productos Forestales No Maderables en México. Documento elaborado en el marco del proyecto "Comercialización de Productos Forestales No Maderables: Factores de Éxito y Fracaso". UNEP – WCMC. 55 p.
- Gómez L., F. y P. Signoret., M. Ubin. 1970. Mezquites y huizaches. Instituto Mexicano de Recursos Naturales renovables. México. 192 p.
- Gómez L., F. 2008. Apuntes del Curso de Vegetación Nativa de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo. 230 p
- Merino, L. 1997. El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinaria CRIM – UNAM. Publicación Miscelánea. 727 p.
- Meza, S. R., E. Osuna. L., 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las pocitas, BCS. Folleto Técnico No. 3. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, B.C.S. México. 56 p.
- Muthana K. 1985. Programas de desarrollo de especies de *Prosopis* en India. Jodhpur. India. 203 p.
- Negreros C., P., J. C. González N. y L. Merino. 2000. El sistema de manejo forestal de la OEPFZM en Quintana Roo. Documento de trabajo. 59 p.
- Pacheco O. P, E. Pérez G. y V. M. Morales S. 2011. Monografía y plan de manejo forestal del mezquite. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas

- Áridas. [http://es.scribd.com/doc/55769198/MEZQUITE-MONOGRAFIA-Y-plan de-Manejo](http://es.scribd.com/doc/55769198/MEZQUITE-MONOGRAFIA-Y-plan-de-Manejo). Fecha consulta 14/06/2011.
- Ribaski J. y C. F. Lima P. 1997. Especies Arbóreas y Arbustivas para las zonas áridas y Semiáridas de América Latina. Publicación en el marco del programa FAO / PNUMA. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago Chile. 223 p.
- Romahn de la V., C.F., H. Ramírez M. y J. L. Treviño G. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 354 p.
- Sánchez P., M. F. 2000. Estudio sobre la política forestal y su marco jurídico: repercusiones ambientales. Centro Mexicano de Derecho Ambiental. México D.F. 110 p.
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). 1996. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Primera Edición. SEMARNAP. México, D. F. 108 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Árido y Semiárido. Subsecretaría de fomento y normatividad ambiental. Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables . SEMARNAT-INIFAP. 107 p.
- Segura, G. 1996. *The State of Mexico's Forests Management and Conservation and Opportunities for Cooperation in North America*. Commission for Environmental Cooperation.
- Silbert, M. S. 1988. *Mesquite pod utilization for livestock feed: An economic development alternative in Central Mexico*. M. S. Thesis. School of Renewable Natural Resources. The University of Arizona. Tucson, Arizona. 244 p.
- Simpson B., B. 1977. *Mesquite, its biology in two desert scrub ecosystems*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Stroudsburg, PA. 235 p.
- Torrez R., J. M. y Zamora, M. 2001. Información y Análisis de los productos forestales no maderables en México. [wcmc.org/.../a\\_Marco\\_institucional\\_México\\_PFNM.pdf](http://wcmc.org/.../a_Marco_institucional_México_PFNM.pdf). consultado 21/06/2011.
- Toledo, V. M., J. Carabias, C. Toledo y González Pacheco. 1989. La producción rural en México: Alternativas ecológicas. UNAM / Fundación Universo Veintiuno, México. 392 p.
- Villanueva D., J. 1993. Distribución actual y características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata* H. and B. Johnst), en el estado de San Luis Potosí. SARH; INIFAP. Boletín Divulgativo (74): pp 1-36.
- Villanueva D., J., R. Jasso I, G. González C., I. Sanchez, C. y C. Potisek, T. 2004. El mezquite en la comarca Lagunera. Alternativa de producción integral para ecosistemas desérticos. Folleto Científico No. 14. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango. 35 p.

# CAPÍTULO IV

## CONSERVACIÓN Y MANEJO DE GERMOPLASMA DEL MEZQUITE



Julio César Ríos Saucedo

Juan Antonio López Hernández

Rigoberto Rosales Serna

Ramón Trucíos Caciano

Arturo Gerardo Valles Gándara



## INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo el mezquite se ha adaptado a los ambientes áridos mediante la amplitud y profundidad de su sistema radicular, así como en la reducción de su sistema foliar (Corona *et al.*, 2000). Ésta especie se caracteriza por ser extremadamente dura y tolerante a la sequía; además, sobresale entre otras plantas, debido a que en condiciones favorables de suelo y humedad puede superar los ocho metros de altura; en cambio, en condiciones de aridez extrema se desarrolla como arbusto (Meza y Osuna, 2003).

Esta especie forestal es de importancia ecológica ya que fija el nitrógeno atmosférico, mejora la fertilidad del suelo, favorece el crecimiento de matorrales, actúa como planta nodriza de numerosas especies vegetales y animales, proporciona alimento y refugio a la fauna silvestre, además, actúa como indicador de profundidad del manto freático y controla el suelo de la erosión (Villanueva *et al.*, 2004). El aprovechamiento del mezquite permite obtener varias ventajas económicas, al obtener, materiales de construcción, gomas, forraje, néctar para la apicultura, sombra, herramientas de trabajo, medicina, combustibles como leña y carbón vegetal.

La creciente demanda de bienes y servicios ha provocado la explotación de los ecosistemas forestales de manera irracional, provocando desequilibrio ecológico y bajo rendimiento en las actividades productivas de las zonas áridas (Orofino, 2004). Por lo tanto, es necesario reducir los efectos adversos a través de acciones de restauración y reforestación con el establecimiento de plantaciones forestales en lugares que han sido dañados.

La semilla forestal es la principal forma de reproducción de especies vegetales y es utilizada en los programas de reforestación como parte esencial en la producción de plantas. La calidad de la semilla influye ampliamente en la calidad de la planta producida; por lo tanto, para que los programas de restauración y producción de planta con fines comerciales se realicen de manera efectiva, se requiere que cada componente de la cadena productiva cumpla su función, al coleccionar semilla de buena calidad en cantidad suficiente que se adapte a las condiciones ambientales de cada región.

Debido a la necesidad de contar con semilla de buena calidad para programas de restauración y al desconocimiento de actividades que optimicen los procesos de producción de planta, se presenta una propuesta técnica que promueva el conocimiento de tecnologías óptimas para la colecta y manejo de semilla, con la finalidad de aprovechar los recursos de manera integral y aumentar la productividad de las zonas rurales.

## ANTECEDENTES

### Importancia de la semilla

En México se ha considerado al mezquite como un recurso forestal de importancia económica, debido a que es ampliamente utilizado en la producción de carbón y elaboración de muebles, sus frutos y flores son consumidos por el ganado doméstico y la fauna silvestre (Martínez *et al.*, 2000). Anualmente en el país, miles de toneladas de vainas de mezquite son colectadas en poblaciones naturales para comercializarlas como forraje para el ganado. Estos frutos tienen valores de proteínas que varían de 9 a 17 % según la especie, mientras que la semilla posee de 55 a 59%; respecto al contenido de azúcares varía desde el 15 al 40% (García *et al.*, 2000).

Con el paso del tiempo el mezquite ha sido sobreexplotado, debido a que existe una acelerada destrucción de los recursos naturales por efecto de diversos factores como: explotación irracional, cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, obras sociales y agentes naturales (Cuevas *et al.*, 2007).

Actualmente, las plantaciones son un instrumento que permite elevar la productividad por unidad de superficie, única manera de satisfacer la creciente demanda de productos y servicios forestales (FAO, 1991). Desafortunadamente en la mayoría de los programas de producción de planta, no se considera que la calidad de la semilla influya directamente en la germinación y el crecimiento de las plántulas (Prieto *et al.*, 1997).

Por lo anterior, las semillas forestales son recursos de gran importancia dentro de los ecosistemas forestales, al ser un mecanismo de dispersión en el medio ambiente y almacén de información genética de la especie, cumplen una función fundamental en la reproducción de las especies vegetales y es ampliamente utilizada en programas de producción de planta (Martínez *et al.*, 1994).

### Programas de reforestación

En los últimos años las plantaciones forestales han aumentado con el Programa Nacional de Conservación y Recuperación (PROCOREF) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN), cuyo objetivo es establecer una nueva cobertura forestal; además, lograr el beneficio social y ambiental de las poblaciones rurales. Actualmente ProÁrbol es el principal programa de apoyo al sector forestal del Gobierno Federal, su finalidad es combatir la pobreza, recuperar la vegetación forestal e incrementar su producción (Meza *et al.*, 2007) (Figura 4.1).

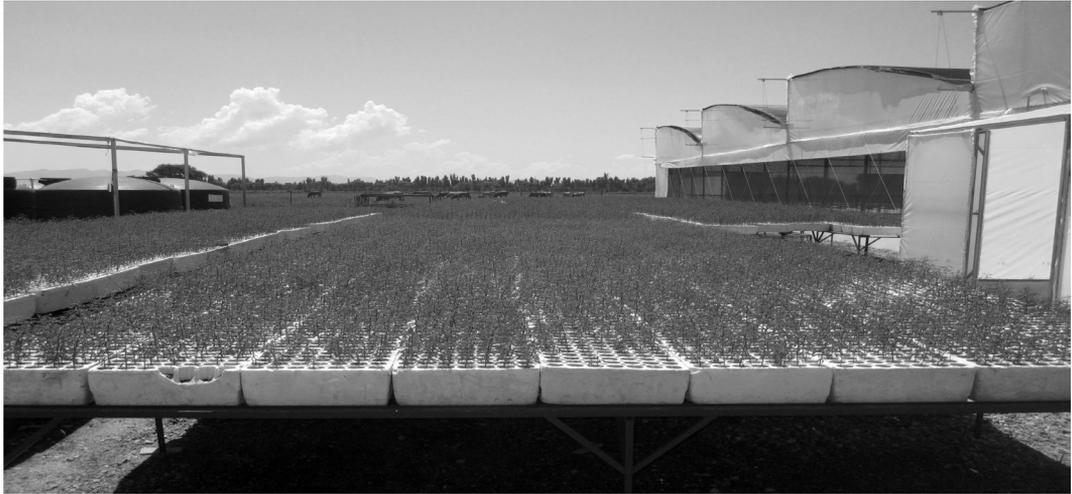


Figura 4.1. Producción de planta de mezquite para reforestación.

## AREAS DE COLECTA DE SEMILLA DE MEZQUITE

Para el abastecimiento de semilla es necesario realizar una planeación adecuada; y considerar diversos aspectos como: la distancia que existe con respecto al sitio de plantación, cálculo de las necesidades de la semilla, recursos humanos, estimación de la cosecha, características de las áreas de colecta, equipo y herramienta a utilizar y transporte de cosecha.

La calidad de la semilla varía en función de su origen. Las fuentes de colecta de semilla en bosques de coníferas pueden ser rodales naturales, áreas semilleras, huertos semilleros y árboles superiores. Según Prieto y López (2006), por otra parte Meza (2007), establece un área semillera con mezquite con el mismo método, la diferencia entre sitio de colecta depende de las características del arbolado y las condiciones donde se localiza el área de colecta, tal como se describe a continuación:

**Rodales naturales.** Son cualquier sitio del bosque donde se encuentra la especie de interés. Para la selección del arbolado solo se considera las características externas. Esta opción de colecta no es recomendable, debido a que la calidad genética del arbolado puede ser inadecuada, lo que limita que exista una ganancia genética en la producción de planta (Figura 4.2).

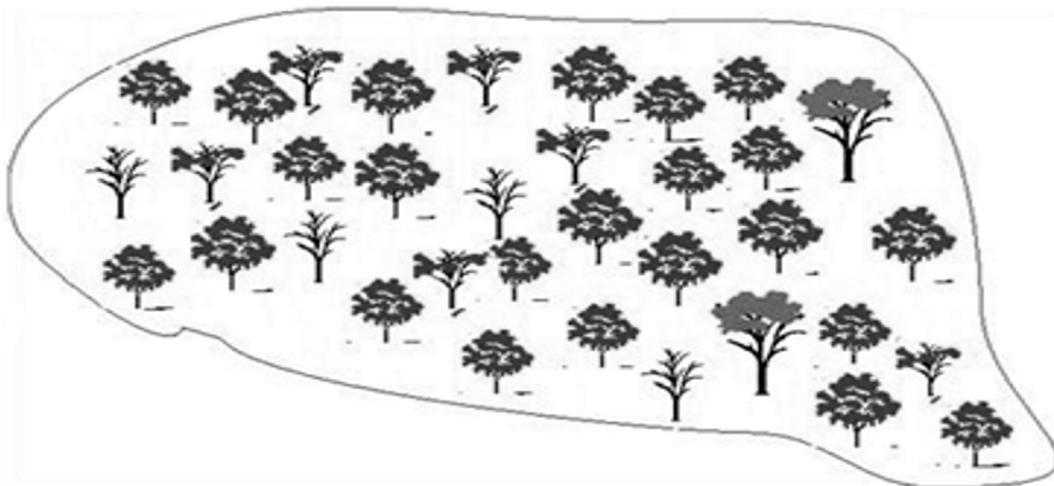


Figura 4.2. Rodal natural.

**Rodales semilleros.** Son rodales naturales que sobresalen fenotípicamente en relación al resto de los rodales de una región y que se destinan a la producción temporal de semilla. Este tipo de rodales permiten que se obtenga una ganancia genética del 3 al 5% en volumen (Figura 4.3).

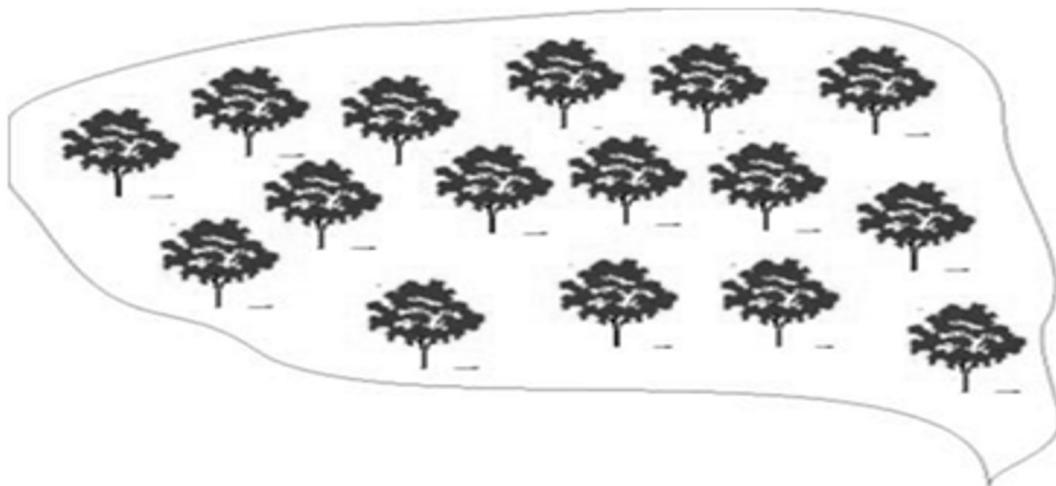


Figura 4.3. Rodal semillero.

**Áreas semilleras.** Son rodales superiores, donde los árboles mal conformados son eliminados con la finalidad de que la producción de semilla en el sitio sea de mejor calidad en relación al área de influencia. Esta estrategia permite producir semilla mejorada en un corto plazo (Figura 4.4).



Figura 4.4. Área semillera.

**Huertos semilleros.** Son plantaciones forestales establecidas por medio de semillas o clones, provenientes de árboles selectos, lo que permite lograr una ganancia genética del 30 al 50% al plantar la progenie. La plantación es establecida preferentemente en sitios aislados para evitar la polinización de árboles inferiores. Esta alternativa es la más deseable y tiene la finalidad de producir semilla en forma frecuente, abundante, de fácil cosecha y alta calidad genética. Es conveniente en especies de alto valor comercial y/o en trabajos de restauración; también, sirve como reservorio de genes de alto valor (Figura 4.5).

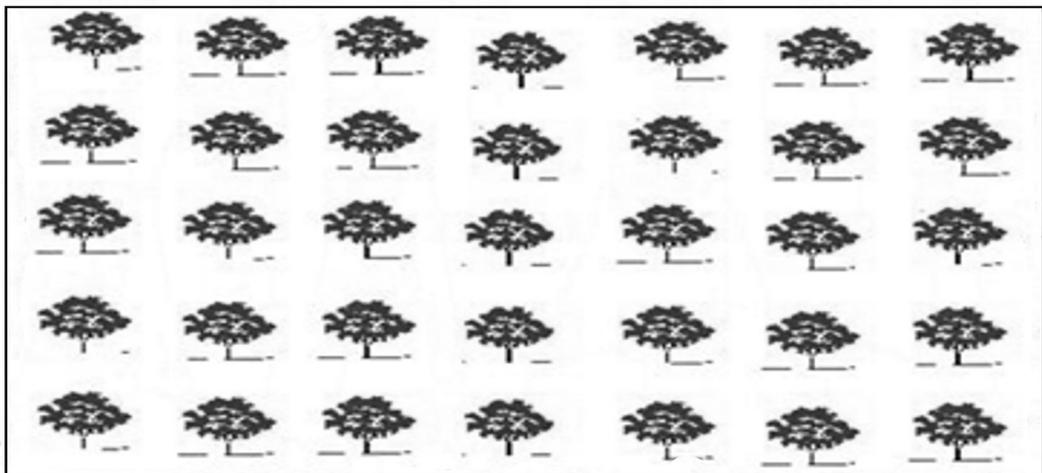


Figura 4.5. Huerto semillero.

**Árboles superiores.** Son árboles que se caracterizan por tener altura dominante, fuste recto, bien ramificado, inserción de ramas en ángulo cercano a 90 grados y están libres de plagas y enfermedades. Los árboles superiores se utilizan como fuente de semilla o yemas vegetativas para obtener plantas que servirán para el establecimiento de huertos semilleros (Figura 4.6).



Figura 4.6. Árboles superiores para colecta de semilla.

## DESARROLLO DE LA SEMILLA DEL MEZQUITE

Antes de iniciar la labor de colecta de la semilla, es necesario conocer el desarrollo de la semilla de mezquite, para detectar los cambios de madurez en los frutos y establecer técnicas de colecta adecuadas para evitar el dañar el arbolado y obtener la cosecha más abundante (Martínez *et al.*, 1994).

En el mezquite para que se realice la polinización es necesaria que su flor sea visitada por insectos. Su diseminación depende de mamíferos y aves para que consuman la vaina (Burkart, 1952).

Según Cantú (1989), el tiempo que transcurre desde la formación de las flores hasta la caída de los frutos es de 110 días aproximadamente, presentado un periodo de floración en los meses de marzo y abril; el desarrollo de las vainas ocurre entre mayo y junio; finalmente, la maduración de los frutos ocurre en el mes de julio presentándose el desprendimiento natural. La característica principal del desarrollo de los frutos es su tamaño y la coloración que presentan, ya que cuando las vainas toman un color violeta, amarillento con tinte violáceo o color paja y al moverlos se escucha el sonido del movimiento de sus semillas, estos pueden ser cosechados (Meza, 2009) (Figura 4.7).



Figura 4.7. Floración y fruto de mezquite.

### Causas de pérdida de semilla

En el mezquite las fases de floración y fructificación son afectadas por factores climáticos y daños ocasionados por insectos, aves, mamíferos, hongos y bacterias, provocando que la calidad como la cantidad de semilla producida disminuya significativamente.

Algunos factores específicos que influyen en la producción de semilla son:

**a) Polinización deficiente.** La eficiencia de polinización es afectado si no existe una coordinación entre los periodos de la descarga del polen y el período de recepción, además, de la presencia de agentes polinizantes en el momento de anthesis (FAO, 2000).

**b) Daños por insectos.** La pérdida más grave de semilla de mezquite, se debe a las especies de los géneros *Algarobius*, *Neltumius* y *Mimosestes* son los principales brúcidos (gorgojos) que actúan como depredadores al alimentarse de los frutos. Según Or y Ward (2003), el grado de afectación provocado por insectos depende del daño que sufren el embrión y los cotiledones al utilizar las partes externas del fruto para depositar los huevos antes y durante la maduración de las vainas.

Antes de iniciar las labores de recolección de frutos y semillas, es necesario realizar recorridos a campo, para garantizar que la superficie seleccionada satisface las necesidades mínimas de colecta. Es necesario elegir terrenos accesibles para facilitar la labor de manejo y colecta de las vainas.

### CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS

Para identificar la procedencia de la semilla, se debe registrar el sitio de colecta, fecha y nombre del colector; además, es indispensable conocer las características principales que prevalecen en el sitio seleccionado, con la finalidad de tener referencia de las condiciones en las que se puede establecer el mezquite en otros sitios, como son:

- Ubicación geográfica

- Topografía y altitud del terreno
- Tipo de área
- Características meteorológicas (Temperatura media anual, precipitación)
- Suelo
- Vegetación asociada

### Caracterización de los árboles seleccionados

Para determinar las características del área seleccionada se recomienda hacer un muestreo que puede ser aleatorio. Meza (2009), recomienda utilizar el método de muestreo de vegetación de parcelas o el cuadrante central. A través del muestreo es posible determinar (Figura 4.8):

- Número de árboles por hectárea
- Diámetro
- Altura
- Cobertura de copa
- Área basal
- Volumen de la madera



Figura 4.8. Mediciones dasométricas.

### COLECTA

Los métodos de recolección de la semilla se emplean de acuerdo a los objetivos, las especies, los sitios y al tipo de material reproductivo. La recolección de los frutos puede ser: manual de los árboles en pie, directamente del suelo cuando caen de manera natural o de manera artificial.

La recolección manual de los frutos de los árboles en pie, se realiza al desprender las vainas de los mezquites pequeños o de las ramas de fácil acceso, se van colocando directamente en un recipiente o costal. Con esta técnica se permite identificar con seguridad el árbol del que fueron cosechados.

La colecta de los frutos directamente del suelo, se puede realizar cuando éstos caen de manera natural o al mover con la mano los troncos de los árboles pequeños y las ramas bajas; en el caso de las ramas superiores, son sacudidas con una vara larga o con una cuerda (Figura 4.9).



**Figura 4.9. Colecta de vaina por individuo.**

Para obtener una mayor eficiencia en la recolección de las vainas se recomienda extender grandes piezas de lona o plástico para que caigan en ellas las semillas. Los frutos deben recogerse lo antes posible, para evitar que sean dañados por insectos, roedores u hongos y la germinación prematura. Ésta forma de recolecta es rápida y permite obtener un alto nivel de viabilidad.

## Transporte

Es importante que el envío de la vaina al sitio donde se desarrollará el procesamiento, se realice en el menor tiempo posible. Los costales deben colocarse con cuidado en el vehículo, tratando de facilitar la circulación de aire entre ellos. Los cestos de malla abierta son recomendables durante el transporte y el almacenamiento temporal. Por lo anterior, en la planeación es importante considerar un transporte eficiente de la cosecha de interés, de manera que se eviten retrasos en el envío y averías en el camino; incluso, las paradas cortas, contribuyen a que se acumule calor en los costales con las vainas durante el traslado. (FAO, 1991).

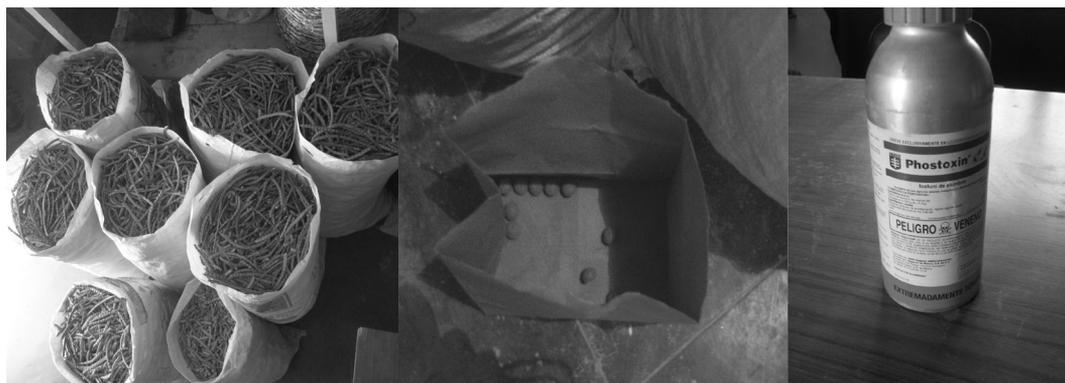
## Tratamiento

El daño provocado por insectos a los frutos y semillas puede ser grave, ya que es posible que éstos afecten toda la semilla almacenada, provocando la pérdida total de la cosecha. Por lo anterior,

es importante reducir la mayor cantidad de insectos gorgojos (*Algarobius prosopis*), lo cual causa debilitamiento estructural de las semillas. Se han reportado daños entre 8 y 9 % de las semillas por esta especie de gorgojo (Johnson, 1983; Merlín *et al.*, 2009), antes y después de realizar la cosecha, y durante su almacenamiento.

Se recomienda aplicar fosforo de aluminio. Este insecticida son pastillas que al entrar en contacto con el ambiente, libera un gas; para su aplicación, se sugiere utilizar una pastilla por metro cúbico. Es necesario desinfectar después de realizar la cosecha en tambos de 200 litros, si no se cuenta con estos depósitos se puede realizar en los mismos costales utilizados para el transporte. En el fondo se deposita la pastilla de fosforo de aluminio envuelta en un pequeño pedazo de tela o en algún frasco con la tapa perforada, esto se realiza con el fin de evitar que los residuos de la pastilla se mezclen con las vainas y pueda causar molestia en los trabajos de extracción de la semilla.

Si la semilla se encuentra almacenada en un cuarto se aplican seis pastillas distribuidas en toda la superficie; para obtener mejores resultados, es necesario dejar dos días selladas todas las entradas de aire con cinta. Después de la primera aplicación, se debe repetir el tratamiento a los 15 días para interrumpir el ciclo de desarrollo de los insectos; posteriormente, al mes se debe repetir y después cada tres meses (Figura 4.10).



**Figura 4.10. Aplicación de insecticida en pre almacenamiento de vaina.**

Al ser beneficiada la semilla, se debe desinfectar con malathión en polvo con una proporción de un g/kg de semilla, posteriormente se introducen en botes de plástico y se agita. Si se tienen grandes cantidades de semilla se puede utilizar una revolvedora para tener mejores resultados.

Frecuentemente las semillas pueden ser sometidas a altas o bajas temperaturas que matarán los insectos, pero no las semillas. Es también esencial que las áreas de almacenamiento estén limpias de restos de semillas de mezquite y de insectos que infestan las semillas.

## Secado

El secado de la vaina se realizará en una superficie de madera o lona, para evitar el contacto con el suelo. Es necesario colocar una identificación individual por área de colecta, especie y árbol respectivamente. El secado consistirá en exponer las vainas a los rayos del sol durante una semana, esto permitirá que disminuya el contenido de humedad y facilite la extracción de la semilla (Figura 4.11).



**Figura 4.11. Secado de vaina para la extracción de semilla.**

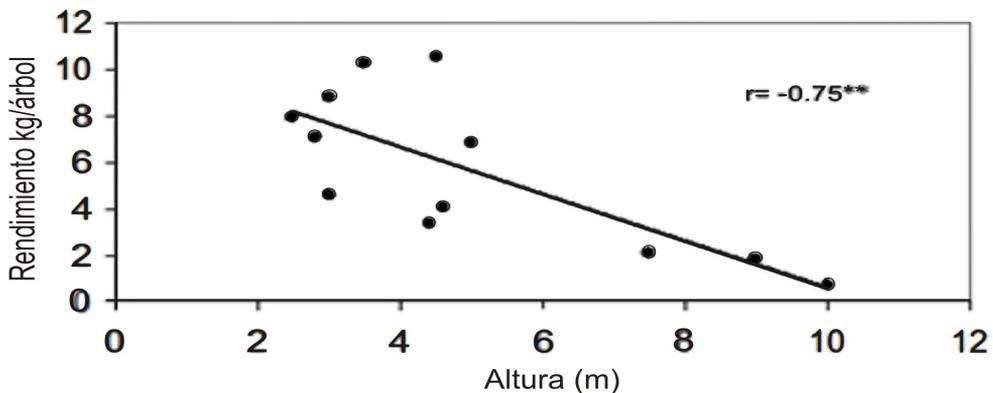
## Producción de vaina y semilla en mezquite

En un estudio realizado en Durango, se tomó una muestra aleatoria de 12 árboles de un rodal mantenido en estado silvestre, es decir carece de manejo forestal. Los árboles fueron tomados al azar y se buscó la selección de árboles superiores, en rendimiento y calidad de vainas, que sirvan como fuente de semilla para la producción constante de plántulas de mezquite en condiciones de vivero. Durante el ciclo reproductivo de 2009, en cada uno de los árboles considerados en el estudio se colectaron manualmente las vainas en costales de polipropileno.

En todos los árboles se midió la altura, número de brazuelos, diámetro de copa, producción de vaina, peso de 100 vainas y número promedio de semillas por vaina. La altura se midió con la ayuda del clinómetro (Brunton®), el número de brazuelos incluyó todos los brotes provenientes del tallo principal. El diámetro de la copa se determinó tomando dos medidas perpendiculares tomando el tallo principal como eje central. Para la producción de vainas se utilizó el peso obtenido de las vainas recolectadas en cada árbol. El peso de 100 vainas se estableció tomando al azar, entre las muestras utilizadas para determinar el rendimiento, cuatro grupos de 100 frutos los cuales se pesaron por separado en una balanza con precisión de 0.1 g. El número de semillas por vaina se obtuvo, contando las semillas de cada vaina en una muestra de 10 vainas y cuatro repeticiones tomadas al azar en cada árbol. Los datos para el peso de 100 vainas y número de semillas por

vaina se analizaron en un diseño en bloques al azar y la separación de medias se obtuvo con las Diferencias Mínimas Significativas DMS (= 0.05).

Los árboles muestreados registraron un promedio de 5.0 m de altura, 10 brazuelos, 6.1 m de diámetro de copa, rendimiento de 5.7 kg de vaina/árbol y 15 semillas por vaina (Cuadro 4.1). Se obtuvieron diferencias altamente significativas entre árboles para el peso de 100 vainas y número de semillas por vaina. Los árboles 7 y 8 registraron los valores más altos con 296.3 g/100 vainas; en contraste el árbol 10 mostró el valor más bajo con 180.8 g por cada 100 vainas. Las poblaciones naturales de mezquite están compuestas por individuos con diferentes edades y alturas los cuales están relacionados con la producción de vainas (Figura 4.12).



**Figura 4.12. Correlación entre la altura de la planta y rendimiento de vainas en árboles de mezquite evaluados en Durango, Dgo. 2009.**

El número de semillas por vaina fue mayor en el árbol 7 con un promedio 18 semillas/vaina (Cuadro 4.1). Éste árbol puede ser utilizado como fuente de semilla por su alto número de semillas por vaina, aunque es necesario considerar que mostró bajos rendimientos de vainas.

**Cuadro 4.1. -Características evaluadas en árboles de mezquite tomados al azar en un rodal de Durango.**

Árbol	Altura (cm)	Número de brazuelos	Diámetro de copa (m)	Rendimiento kg/árbol	Peso de 100 vainas (g)	Semillas / vaina
1	2.5	7	5.2	7.9	212.5	15*
2	3.0	8	4.9	8.8	257.5	15
3	4.4	14	5.5	3.3	242.3	16
4	3.5	8	4.7	10.3	233.8	15*
5	4.5	11	6.8	10.6	240.8	15*
6	5.0	9	5.0	6.9	254.3	14
7	3.0	3	3.1	4.6	296.3	18
8	4.6	10	6.4	4.1	296.3	14
9	2.8	3	2.8	7.1	240.0	15
10	10.0	16	8.7	0.7	180.8	15
11	9.0	14	9.3	1.8	239.3	14
12	7.5	14	10.9	2.1	223.8	14
Media	5.0	10	6.1	5.7	243.1	15
DMS <sub>0.05</sub>					28.8	1
CV (%)					8.2	20.3

La semilla de árboles selectos incrementa el crecimiento de plántulas de mezquite en condiciones de malla sombra y vivero. La poda es una práctica que favorece el rendimiento de vainas del mezquite. En Durango, es posible seleccionar árboles semilleros y prácticas de manejo que permitan la producción eficiente de plántulas de mezquite en condiciones de malla sombra y vivero, utilizando composta como sustrato.

## EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA

Para la extracción de la semilla de mezquite se recomienda utilizar métodos mecánicos. Se puede utilizar molinos manuales, inicialmente muelen las vainas con los discos flojos, es necesario repetir la operación para ajustar los discos para que salgan la mayor cantidad de semillas posibles; al final del molino se coloca un recipiente para capturar el material procesado (Figura 4.13). Otro método utilizado es triturar las vainas en un molino de piedra ajustado a 4 mm; también se puede utilizar una trilladora de cereales modificada, en este caso utilizamos un chiper para triturar corteza, está compuesto por martillos los que hacen fricción ante la materia dejándola triturada (Figura 4.14).



Figura 4.13. Método de extracción de semilla con molino manual.



Figura 4.14. Método de extracción de semilla con chiper eléctrico.

## Limpieza

Una vez que se concluyeron los trabajos de molienda, se procede a eliminar los residuos de las vainas. La separación de las semillas se realiza mediante un ventilador eléctrico y el cribado del producto de la molienda, para cada tamaño de semilla se utiliza una criba en la que la malla es mayor que la semilla, de manera que se queden en ella los fragmentos de fruto y otras impurezas grandes, y otra con una malla más pequeña en la que se quedan las semillas y por la que pasan las impurezas finas (Figura 4.15).



Figura 4.15. Ventilador eléctrico y mallas para quitar impurezas.

## Escarificación

La escarificación de las semillas es cualquier proceso de rayado, ruptura o alteración mecánica que permite abrir o debilitar la estructura externa de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases con la finalidad de que la radícula pueda salir fácilmente y se produzca una germinación adecuada.

El letargo en la semilla es un mecanismo de control donde las condiciones ambientales no son adecuadas para la inmediata germinación, permite la supervivencia y a la dispersión natural de las plantas sobre todo en aquellas que se desarrollan en regiones desérticas o frías.

Para facilitar la manipulación de las semillas que presentan algún tipo de latencia es indispensable darle algún tratamiento que le permita romper el estado en que encuentra, a continuación se describen algunos métodos de escarificación como son: los mecánicos, químicos, físicos y remojo en agua.

**Escarificación mecánica.** Se pueden voltear o agitar las semillas en una hormigonera con grava o arena, o también en un tambor especial forrado en su interior con material abrasivo como papel de lija, cemento o trozos de vidrio, o dotados de discos abrasivos giratorios.

Es importante vigilar este proceso para no excederse en el tratamiento, pues de lo contrario la semilla sufriría daños que pueden reducir su capacidad de germinación. Para estimar la eficacia de la escarificación se puede examinar la superficie de la cubierta, en caso necesario mediante lupas manuales, o se puede efectuar un ensayo con el que determinar la capacidad de la semilla para tomar agua, que se observa por la medida en que se hincha (Bonner, 1984).

**Escarificación química.** En este tipo de escarificación, se utilizan productos químicos para debilitar la capa externa de las semillas, además la previene de posibles plagas o impurezas que podrían estar pegadas en la misma. Es necesario la utilización de recipientes y cribas de tela metálica, para manipular, escurrir y lavar las semillas.

Este procedimiento consiste en colocar las semillas en una solución de ácido sulfúrico concentrado o ácido clorhídrico 4 M a 37° C durante 8 minutos; posteriormente, las semillas se enjuagan con agua destilada en abundancia, en un lugar seguro para tirar el ácido diluido procedente del enjuague de las semillas. Una vez enjuagadas éstas se deben secar. Hay que ser muy prudentes al utilizar estos productos puesto que son tóxicos por inhalación y extremadamente cáusticos para la piel. Por lo anterior, se recomienda llevar una ropa adecuada y una protección eficaz para la cara y las manos.

**Métodos físicos.** Uno de los métodos físicos más sencillos y directos consiste en cortar, perforar o abrir un pequeño orificio en cada extremo de la cubierta de cada semilla y otra tercera perforación en la zona del hilo y el micrópilo; esta última zona es la más importante.

**Remojo en agua.** Los tratamientos en húmedo combinan a veces dos efectos, el de ablandar la cubierta dura y el de extraer por lixiviación los inhibidores químicos (FAO, 1991). La semilla se puede someter en remojo con agua destilada y en agua caliente destilada. El remojo en agua destilada, consiste en dejar la semilla en reposo en períodos que varían de 2 a 48 horas según la especie. El procedimiento con agua caliente destilada consiste en colocar la semilla de 70 a 80°C durante ocho minutos.

## **ANÁLISIS DE LA SEMILLA**

### **Muestreo**

El primer paso del análisis de semillas consiste en obtener una muestra representativa del lote. En lotes de semillas completamente homogéneos, la muestra puede obtenerse con facilidad, sin embargo, éste tipo de lotes no existen. Su tamaño depende del número y tipo de prueba deseada (Bonner, 1993).

### **Contenido de humedad**

El contenido de humedad se determina, según las Normas del ISTA (Asociación Internacional de Análisis de Semilla), por la pérdida de peso de una muestra colocada en un recipiente cilíndrico plano y desecada en estufa a 105°C (Besnier, 1989).

## Pruebas de pureza

En el análisis de pureza se determina la composición en peso de la muestra. Este prueba consiste en separar la muestra en tres componentes: semillas puras, otras semillas y semilla inerte (FAO, 1991). También se puede determinar la identidad de las diversas especies de semillas presentes en la muestra e incluso la de una clase particular de materia inerte (Besnier, 1989). El análisis de pureza es deseable para todos los lotes de semilla, pero especialmente en relación a operaciones comerciales basadas en el peso (Bonner, 1993).

$$\text{Porcentaje de pureza} = \frac{\text{peso de impurezas}}{\text{peso total de la muestra de interés}} (100)$$

## Semillas por unidad de peso

El peso de la semilla permite calcular la cantidad que se va a utilizar en la siembra. Este valor es afectado por el tamaño de la semilla, contenido de humedad y por la proporción de semilla llena, vana y dañada por insecto en el lote. Este valor se determina por el conteo de las semillas y por su pesaje. Las normas ISTA (1966) especifican 8 muestras, obtenidas al azar, de 100 semillas, tomadas del componente de semillas puras.

## Pruebas de germinación

La germinación es el proceso mediante el cual el embrión de la semilla adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento que la convertirá en una planta adulta. Para que se realice la germinación debe cumplir con las condiciones de: viabilidad, quiescencia, ambiente adecuado para el proceso y ausencia de dormición (Martínez *et al.*, 1994).

La FAO (1991), indica que los ensayos de germinación que se efectúan en el laboratorio tienen por finalidad estimar el número máximo de semillas que pueden germinar en condiciones óptimas. La norma oficial de la "Asociación de Analistas Oficiales de Semillas" (AOSA) 1970, citada por Bonner (1993), menciona que para efectuar las pruebas de germinación deben usarse 400 semillas en cada prueba, distribuidas en cuatro repeticiones de 100 semillas. Cuando la semilla es grande, las repeticiones pueden tener 25 ó 50 semillas.

En laboratorio, las condiciones ambientales de humedad, temperatura, ventilación y luz, deben controlarse para desarrollar adecuadamente las pruebas de germinación (FAO, 1991). Se considera que la germinación ocurre cuando la radícula atraviesa las cubiertas; es importante dejar crecer las plántulas lo suficiente para catalogarlas como de crecimiento normal; es decir, que no se consideran germinadas a las que presenten albinismos, carezcan de raíz, o tengan deformaciones que impidan el crecimiento posterior a la etapa de plántula (Martínez *et al.*, 1994) (Figura 4.16).

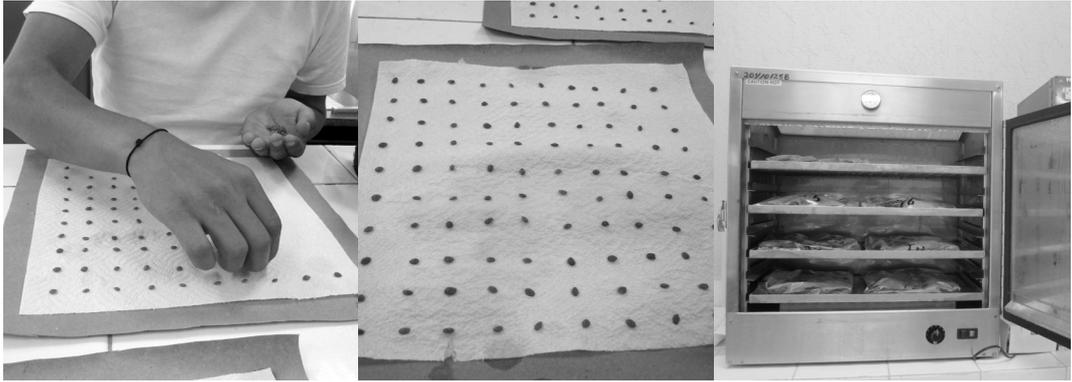


Figura 4.16. Pruebas de germinación.

Según Prieto *et al.*, (1997), la eficiencia de germinación puede ser evaluada a través de la energía o velocidad de germinación y del valor de germinación, variables que se describen como:

**Velocidad o energía de germinación (VG):** Es la medida de la velocidad de germinación, del vigor de la semilla y de la planta que ésta produce. Esta velocidad es posible determinarla al dividir el porcentaje acumulado de germinación entre el número de días transcurridos desde la fecha de siembra.

$$\text{Velocidad de germinación (VG)} = \frac{\text{Porcentaje acumulado de germinación}}{\text{días transcurridos desde la siembra}}$$

**Germinación media diaria (GMD):** Es posible obtenerla al dividir el porcentaje de germinación final entre el número de días que duró la prueba.

$$\text{Germinación media diaria} = \frac{\text{Porcentaje de germinación final}}{\text{Número de días que duró la prueba}}$$

**Valor de germinación:** Es un índice con el que es posible obtener los puntos más favorables de ocurrencia de germinación a través de los valores más altos; es posible obtenerla al multiplicar el valor de la velocidad de germinación por el de la germinación media diaria.

$$\text{Valor de germinación} = (\text{VG}) (\text{GMD})$$

**Pruebas de rayos X** Actualmente las técnicas radiográficas pueden determinar en las semillas los diferentes grados del desarrollo del embrión, así como abortos, presencia de insectos y enfermedades (Niembro, 1986); además, permite detectar semillas vacías y las estructuras seminales que presenten daño mecánico o desarrollo interno anormal, medir el grosor de la cubierta y evaluar la viabilidad de la semilla cuando se combina con un agente de contraste (FAO, 1991). Una placa de rayos X puede obtenerse en 15 segundos después de la irradiación, las desventajas de las pruebas son

la necesidad de equipo especializado y la dificultad de interpretación de las radiografías (Bonner, 1993).

Para una correcta interpretación de semillas en rayos x se tiene que las semillas vacías se observan con la parte interna de color oscuro, las semillas llenas presentan colores claros y un contorno oscuro alrededor del embrión (Bustamante, 2009). En las semillas dañadas por insectos, se pueden observar las galerías, acumulaciones de excremento, larvas e insectos adultos. El daño mecánico presenta interrupciones de color oscuro sobre los colores claros que enmarcan los tejidos densos de las semillas (Martínez *et al.*, 1994).

## ALMACENAMIENTO

De acuerdo a los factores controlados dentro del almacenamiento, se pueden distinguir distintos tipos (Hartmann y Kester, 1988):

**Almacenamiento abierto:** es posible de utilizar en climas secos o en semillas de cubierta dura, siempre que las semillas hayan sido secadas, aunque este tipo de almacenamiento puede no ser el más adecuado (Figura 4.17).

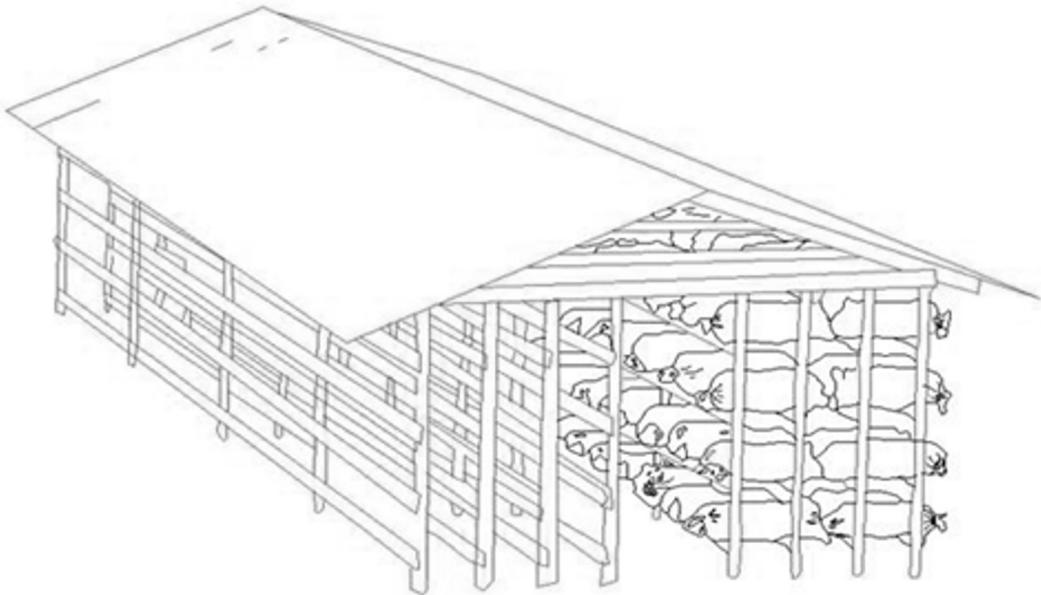


Figura 4.17. Almacenamiento temporal de vaina de mezquite (FAO 1991).

**Almacenamiento cálido con control de humedad:** supera a la técnica anterior ya que semillas que han sido secadas pueden almacenarse en bolsas selladas que aseguren minimizar las fluctuaciones de humedad.

**Almacenamiento en frío:** este tipo es recomendable que aunque el procedimiento más satisfactorio es bajar el contenido de humedad de las semillas y almacenarlas en recipientes sellados y a temperaturas bajas, de esta forma se puede mantener la longevidad al máximo (Figura 4.18).



**Figura 4.18. Cuarto frío de almacenamiento de semilla (CONAFOR, Dgo).**

**Almacenamiento frío-húmedo:** consiste en colocar las semillas en recipientes que mantengan la humedad o mezclarlas con algún material que retenga la humedad (por ejemplo: arena húmeda). Semillas recalcitrantes podrán ser almacenadas de esta manera, pero sólo por poco tiempo y con presencia de oxígeno, ya que las semillas continúan respirando.

Los recipientes utilizados para almacenar semillas pueden ser de diversos tipos (FAO, 1991). Materiales completamente permeables, como son los sacos de arpillera, bolsas de algodón o de papel pueden ser utilizados sólo si se trata de cortos períodos, ya que las semillas son susceptibles a ataques de roedores o insectos y al intercambio de vapor de agua y otros gases. El almacenamiento de semillas recalcitrantes exige el uso de este tipo de envases, debido a que es necesario mantener un adecuado intercambio gaseoso para evitar el calentamiento de las semillas, en este caso la respiración de las semillas no puede reducirse tanto como en las ortodoxas, por lo que se requiere de la existencia de oxígeno para mantener su viabilidad.

Materiales herméticos se recomiendan para el almacenamiento de semillas ortodoxas, entre estos se encuentran latas o tambores de estaño o aluminio, cubetas de plástico, frascos de vidrio y bolsas de polietileno; aunque estas últimas no son completamente impermeables, por lo que se sugiere combinarlas con otros, por ejemplo bolsas con tarros. Cuando es necesario abrir los recipientes periódicamente, se aconseja incluir alguna sustancia deshidratante, como el gel de sílice, que impida el aumento del contenido de humedad de las semillas debido a fluctuaciones de la humedad ambiental producida al abrir constantemente los envases.

## **NORMATIVIDAD DE COLECTA DE SEMILLA FORESTAL**

Según Meza (2009), la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento, en el Artículo 170 del Reglamento, estipula que para realizar actividades de recolección de semilla forestal, es necesario que el dueño de los recursos o empresas que decidan dedicarse a esta actividad presenten una notificación por escrito ante la Delegación Federal de la SEMARNAT de la entidad federativa correspondiente.

La elaboración de la notificación y el control técnico del aprovechamiento, será responsabilidad del dueño o poseedor del predio, así como el responsable técnico encargado, quien deberá estar inscrito en el Registro Nacional Forestal. Asimismo, deberán presentarse informes periódicos y al final del aprovechamiento, el cual debe ser avalado por el responsable técnico.

### **Certificación de la calidad de las semillas**

La certificación de la calidad de las semillas es el proceso mediante el cual se mantiene y se hacen disponibles para la práctica forestal, materiales reproductivos o germoplasma (semillas), con determinados controles de calidad, que incluyen la identidad genética y la identidad fisiológica.

El establecimiento de los controles o normas de calidad, se rige por acuerdos nacionales e internacionales, que en su mayoría se garantizan a través de reglamentaciones específicas. Las normas de certificación más difundidas son las de la Asociación de Agencias Oficiales Certificadoras de Semillas (AOSCA), que comprenden una serie de estándares mínimos.

Estos han sido modificados y adoptados por la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y se les ha designado como “Esquema de Certificación de la OCDE”, con el objeto de proporcionar un sistema uniforme para la identificación y control de la identidad genética de todos los materiales reproductivos forestales.

Un factor muy importante en cualquier esquema de certificación de semillas forestales, es la zonificación, la cual permite controlar el uso de las semillas y sirve de base para el establecimiento de programas de mejoramiento genético. Otros factores importantes de la certificación son los análisis de la calidad fisiológica, que se realizan también con base a reglas o normas establecidas por acuerdos comunes, que garantizan que un germoplasma posea las propiedades fisiológicas que se indican en el certificado correspondiente.

La certificación de un producto, verifica que sus propiedades y características están de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas que le son de aplicación. En las transacciones comerciales, los compradores requieren que los productos por los que pagan satisfagan sus necesidades y

expectativas; y que alguien, diferente del productor o vendedor les asegure previamente que así sucederá (Mc Time & Deyn, 2002). La certificación como sistema de aseguramiento de la calidad, requiere la existencia de un estándar, una señal, un procedimiento de inspección y una penalización en caso de incumplimiento. Este sistema de aseguramiento suele ser privado en su totalidad, pero no se descarta la participación del Estado. Por ejemplo, el estándar puede ser público, pero el control y certificación privado; o el estándar privado, con una participación pública en el control e inspección.

Específicamente, la certificación de semillas se define como la garantía sobre las características y la calidad de la semilla, extendida por una organización reconocida. El certificado contiene generalmente antecedentes acerca de tipo de certificación, autenticidad de la especie y la variedad, año de recolección, origen, pureza y capacidad germinativa (Figura 4.19).

Las semillas certificadas en forma definitiva deben ser exportadas con las respectivas etiquetas de certificación, que se muestran a continuación:

<b>SEMILLA FISCALIZADA</b>	
Productor: _____	Rodal: _____
Origen: _____	Humedad: _____ %
Especie: _____	Pureza: _____ %
Fecha de análisis: _____	Germinación: _____ %
Año de comercialización: _____	
<b>NOTA:</b>	
- Esta etiqueta garantiza que la semilla contenida en este envase origian cumplió los requerimientos sobre certificación de la semilla del rubro y los establecimientos en la resolución del SNICS.	
- El mantenimiento de la calidad de esta semilla es responsabilidad de quien la comercializa.	
- La colocación correcta de esta etiqueta es exclusiva responsabilidad del productor.	

**Figura 4.19. Ejemplo de etiqueta certificada.**

**LITERATURA CITADA**

- Besnier R., 1989. Semillas, biología y tecnología. Mundi-Presa. España. pp: 21-43.
- Bonner F., T. 1984. Tratamiento previo de la semilla. En Guía para la manipulación de semillas forestales. 1991. Estudio FAO Montes 20/2. Compilado por R.L. Willan para el centro de semillas forestales de DANIDA. pp 241-278.
- Bonner F., T. 1993. Análisis de semillas forestales. Traducido por Dante Arturo Rodríguez Trejo. Serie de Apoyo Académico No. 47. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. 5 p.
- Burkart, A. 1952. Las leguminosas, argentinas, silvestres y cultivadas. 2ed. Ed. ACME. Buenos Aires, Argentina. 569 p.
- Bustamante G., V. 2009. Análisis de conos y semillas de *Pinus engelmannii* CARR. y *Pinus durangensis* MART., en rodales y áreas semilleras del estado de Durango. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Forestales. Durango, Dgo. 73 p.
- Cantú A, C. 1989. Datos sobre la entomofauna espermatófaga de *Prosopis leavigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Jonst. y *Prosopis glandulosa* Var. torreyana (L. Benson) M.C. Jonst. en Nuevo León, con especial referencia en su impacto sobre la producción de semillas. Simposio agroforestal en México: sistemas y métodos de uso múltiple del suelo, Linares, N. L. pp. 603-629.
- Corona C., F., F. Gómez L. y E. G. Ramos R., 2000. Análisis químico de la vaina del mezquite (*Prosopis glandulosa* var. Torreyana) en árboles podados y no podados, en diferentes etapas de fructificación. Revista Chapingo. Serie: Zonas áridas. Vol. 1. No. 1. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 21-27.
- Cuevas F., L., D. Tejeda S., J. S. García C., J. A. Guerrero. H., J. C. González O., H. Hernández M., M. L. Lira Q., J. L. Nieves F., C. M. Vázquez M. y R. Cardoza V. 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de mejores prácticas. CONAFOR. Tercera edición. Zapopan, Jalisco, México. 298 p.
- García A., E. O., O. Martínez J., Torres S. y J. T. Frías H.. 2000. Escarificación Biológica del Mezquite (*Prosopis laevigata*) con diferentes especies de ganado doméstico. El Mezquite Árbol de Usos Múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. pp. 117-123.
- Hartmann, H. y D. Kester. 1988. Propagación de Plantas. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 p.

- International Seed Testing Association (ISTA). 1966. *International rules for seed testing*. Proc. Int. Seed Test. Assoc. 16: 299-311.
- Johnson, T. (1993). *Rodent-born Virus is a Killer, but Control Lags*. Pest Control 61(8) 24 p.
- Mc Time and Deyn. 2002. Certificación: Visión estratégica de la calidad. Ed. N° 9. Noviembre de 2002. 42 p.
- Martínez B., A. E., A. B. Villa S., C. Nieto de Pascual P. y C. E. González V. 1994. Semillas forestales. Publicación especial No. 2. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. Coyoacán, D.F., México. pp: 13-15.
- Martínez R., O., J. Rivera M. y E. Santamaría C. 2000. Evaluación de 25 tratamientos pregerminativos en semillas de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton) en área de influencia de la URUZA. Revista Chapingo Serie zonas áridas. Vol. 1. No. 2. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 93-99.
- Merlín B., E., V. Bustamante G. y R. Rosales, S. 2009. Calidad de la semilla de mezquite colectada en el estado de Durango. In: XXI Semana Internacional de Agronomía. Gómez Palacio, Dgo, México. pp. 145-149.
- Meza S., R. y Osuna L., E. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de Las Pocitas, B. C. S. Folleto Científico No. 3. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santo. INIFAP-SAGARPA. La Paz Baja California México. 52 2p.
- Meza S., R.; F. Piña P. y E. Osuna L. 2007. Recomendaciones para establecer áreas semilleras en mezquite en Baja California Sur. Publicación electrónica No. 1. Centro de Investigación Regional Noroeste Campo Experimental Todos los Santos INIFAP. La Paz, Baja California Sur. 28 p.
- Meza S., R. 2009. Guía para la colecta y beneficio de semilla de mezquite. Folleto para productores No. 2. Centro de Investigación Regional Noroeste. Campo Experimental Todos los Santos INIFAP. La Paz, Baja California Sur. 32 p.
- Niembro R., A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Limusa. México, D.F. 61 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio 20/2. FAO/MONTES, DANIDA. Compilado por Willan R. L. Roma, Italia. pp: 23-48.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). 2000. Las especies del género *Prosopis* (*algarrobos*) de América Latica con especial énfasis en aquellas de interés económico. Compilado por Galera F. M. Córdoba, Argentina. p 30.

- Or, K. y D Ward. 2003. *Three-way interactions between Acacia, large mammalian herbivores and bruchid beetles – a review*. African Journal of Ecology 41: 257-265.
- Orofino, A., Ramos Castilla, M., Giannoni, S. y Campos, C. 2004. Condiciones de las semillas de *Prosopis flexuosa* (Fabaceae) encontradas en los cúmulos de los roedores sigmodontinos del Monte. II Reunión Binacional de Ecología y XXI Reunión Argentina de Ecología. Mendoza, Argentina.
- Prieto R., J. A. y J. López U. 2006. Colecta de semillas forestales en el género *Pinus*. Folleto técnico No. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP. Durango, Dgo.: p 13-20.
- Prieto R., J. A., E. Merlín B. y A. Quiñones C. 1997. Análisis y almacenamiento de semillas forestales. Folleto Técnico No 9. Campo Experimental "Valle del Guadiana". INIFAP – SAGAR. Durango, México. 19 p.
- Villanueva D., J. R. Jasso I., E. H. Cornejo O. y C. Potisek T. 2004. El mezquite en La Comarca Lagunera: su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. Agrofaz Vol. 4. No. 2. Durango, Dgo. pp. 633-647.



## CAPÍTULO V

# METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE VOLUMEN, BIOMASA Y CARBONO PARA MEZQUITE EN LA REGIÓN NORTE-CENTRO DE MÉXICO



Julio César Ríos Saucedo

Arturo Gerardo Valles Gándara

Gabriel Sosa Pérez

José Ángel Sigala Rodríguez

Daniel Albarrán Albarado



## INTRODUCCIÓN

El efecto invernadero es un proceso natural que corresponde a la captación de calor a partir del sol, con el cual se logra el calentamiento de la tierra. Parte del calor que llega del sol es absorbido por la superficie de la tierra, calentando el suelo, y la otra parte del calor es reflejado al espacio exterior.

La capa inferior a la atmósfera, la tropopausa, contiene un conjunto de gases llamados gases del efecto invernadero (GEI), los cuales dificultan la salida de las radiaciones infrarrojas, y de esta manera regulan la salida del calor de la atmósfera previendo el enfriamiento de la tierra. Los gases del efecto invernadero incluyen: el vapor de agua, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), los compuestos nitrogenados, el óxido nitroso ( $\text{NO}_2$ ), compuestos sulfurados, los clorofluorocarbonos (CFCS), y el ozono ( $\text{O}_3$ ). El efecto de estos gases en el calor de la tierra, dependen de su habilidad de reflejar la radiación infrarroja y su tiempo de permanencia en la atmósfera (INE, 2001).

El dióxido de carbono constituye la parte más importante, por volumen de los gases de efecto invernadero. Las fuentes de liberación más importantes del dióxido de carbono incluyen la quema de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural, y la destrucción de bosques. De esta manera, al aumentar la concentración de gases de invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta (Ordoñez, 1999).

En México, las emisiones en unidades de bióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2$  eq) para el periodo 1990-2006 fueron de 709,005 Gigagramos (Gg). La contribución por categorías en términos de  $\text{CO}_2$  eq es la siguiente: desechos 14.1%; uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, 9.9%; procesos industriales, 9%; agricultura, 6.4% y energía 60.7% (INE, 2006).

Los ecosistemas forestales son una alternativa para reducir la cantidad de  $\text{CO}_2$  atmosférico y convertirlo, a través de la fotosíntesis, en carbono que “almacenan” las plantas en forma de madera y otros órganos y tejidos. En consecuencia, los bosques contienen enormes cantidades de carbono, aunque este “almacén” llega a un máximo en los bosques maduros; no obstante, existe la posibilidad de que mediante el manejo forestal o la distribución de productos derivados del bosque continúe aumentando ese “almacén” (FAO, 2006).

Como producto de este hecho, en las últimas décadas, ha surgido un interés considerable por acrecentar el contenido de carbono en la vegetación terrestre por medio de la conservación forestal, la reforestación, la agroforestería y otros métodos de manejo del suelo (De Jong *et al.*, 2004). Un gran número de estudios ha demostrado el gran potencial que poseen los bosques y los ecosistemas agrícolas para almacenar carbono (Dixon *et al.*, 1995, Dixon *et al.*, 1996, Masera, 1995, y De Jong *et al.*, 1995).

La capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono como biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población por estrato en cada comunidad vegetal (Schulze *et al.*, 2000). El componente arbóreo es uno de los principales depósitos

de biomasa y por lo tanto de carbono, por lo que es necesario conocer la biomasa por especie arbórea a fin de estimar la cantidad de carbono que se captura (Carrillo *et al.*, 2007).

Estimar el volumen de masas arboladas mediante mediciones sencillas y directas data de hace más de ciento sesenta años, su desarrollo empezó en Europa. Luego las técnicas llegaron en varios países desde aquel continente, como fue en Estados Unidos y Canadá de donde varios investigadores empezaron a destacar por su contribución en el desarrollo de metodologías tendientes a calcular o estimar volumen, entre ellos; Bruce, Anderson, Schumacher, Mc Donald, Honer, entre otros (Romahn *et al.*, 1987).

El volumen contenido en árboles genera información indispensable y básica para la toma de decisiones dentro de las actividades forestales, la forma más sencilla de esa cubicación es a través de las tablas o ecuaciones de volúmenes, este procedimiento es mediante variables de medición fácil como la altura del árbol, su diámetro normal, diámetro a la base del suelo, ramas del árbol entre otras. Para obtener los parámetros de las ecuaciones de volumen generalmente se ajustan por métodos de regresión. Además estas ecuaciones deben ser específicas en un grupo de especies y lugares ya que los hábitos de crecimiento de los árboles varían de acuerdo a la especie y al sitio (Rentería, 1995).

## ANTECEDENTES

Los sistemas forestales y agroforestales acumulan carbono en cuatro componentes: biomasa sobre el suelo (biomasa leñosa y estrato herbáceo), hojarasca, sistemas radiculares y carbono orgánico del suelo (Snowdon *et al.*, 2001). En general, todos los componentes grandes y que cambian sustancialmente durante el tiempo deberían ser medidos; sin embargo, es necesario enfatizar en aquellos que almacenan el carbono con mayor permanencia, como la biomasa leñosa (Hernán e Ibrahim, 2003).

La medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere un análisis destructivo directo (Brown *et al.*, 1989) o estimaciones indirectas del material vegetal para hacer las inferencias respectivas; el segundo caso es más práctico cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles. Sin embargo, para ello se debe contar con funciones que estimen la biomasa total con base en el tamaño y dimensiones de los árboles; es decir, funciones matemáticas basadas en las relaciones alométricas que ocurren entre los órganos de un individuo (Huxley, 1932).

En este sentido, los modelos alométricos locales para estimar el carbono almacenado son parte fundamental del proceso para determinar el potencial de captura de carbono en un ecosistema forestal. Los modelos alométricos son ecuaciones matemáticas que permiten estimar la biomasa en función de unas pocas variables de fácil medición, tales como el diámetro del tronco a la altura del pecho (dap) y/o la altura total o ancho de la copa del árbol. (Loetsch *et al.*, 1973, Caillez 1980, Husch *et al.*, 1982, Parresol 1999).

En general, la construcción de modelos de biomasa consiste en la medición de árboles en pie y la posterior corta y cuantificación de su biomasa aérea total. El árbol se divide en componentes: fuste, ramas grandes, ramas pequeñas y hojas. Las ramas pequeñas y hojas pueden ser pesadas en fresco y transformadas a valores de biomasa tomando una muestra y secándola en el horno (70 °C hasta peso constante). El fuste y las ramas grandes se cubican (determinación de su volumen por algún método, ya sea por medio de ecuaciones de Smalian, Huber, etc.) y se transforman a biomasa por medio de su gravedad específica (Hernán e Ibrahim, 2003). Las ecuaciones de biomasa permiten estimar con bastante exactitud los volúmenes y peso de las especies forestales en función de un número más o menos reducido de parámetros obtenidos de árboles en pie (López y Keyes, 1987; Castellanos *et al.*, 1996). Por citar sólo algunos ejemplos en México se tienen los siguientes: *Pinus montezumae* Lamb. (Garcidueñas, 1987), *Pinus cembroides* Zucc. (López y Keyes, 1987), *Pinus patula* Schl. et Cham. (Castellanos *et al.*, 1996), *Alnus glabrata*, *Chlethra hartwegii* Britt., *Rapanea myricoides* Schl., *Quercus peduncularis*, *Liquidambar macropylla* e *Inga sp.* (Acosta *et al.*, 2002). *Hevea brasiliensis* Müll. Arg (Martínez y Fernández, 2005).

La necesidad de estimar de manera racional e integral el volumen, la biomasa forestal aprovechable y el carbono se han convertido en elementos importantes en los estudios sobre manejo sustentable de los recursos naturales, los cambios climáticos que ocurren a escala mundial debido al efecto atenuador (sumidero) que los bosques pueden tener al secuestrar los excedentes de los gases que originan el efecto invernadero, especialmente el CO<sub>2</sub> (Martínez de Saavedra y Sánchez, 2000). El cambio climático global es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrenta el presente siglo debido al aumento de los gases de efecto de invernadero, dichos gases atrapan las emisiones de radiación infrarroja en la atmósfera produciendo un aumento de la temperatura de esta.

### **Definición de áreas de estudio y selección de sitios**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas (Figura 5.1). En cada estado se ubicaron dos sitios representativos, con el fin de cubrir la mayor variabilidad de la especie en la región. Para el caso de Chihuahua el estudio se realizó en el predio particular Las Animas, del Municipio de Aldama, y en el predio particular Fracción II del predio el Saucito, del municipio de Satevó. Para el estado de Coahuila, las áreas de estudio están ubicadas en el Ejido Cleto, del municipio de San Pedro de Las Colonias, y en el Ejido Bilbao, del municipio de Viesca. En el estado de Durango, las áreas se ubican en terrenos del campo experimental del INIFAP, en el municipio de Durango, y en el predio de Santa Barbará, del municipio de Nazas. Finalmente, en el estado de Zacatecas, se ubicaron las áreas en la colonia Salinas, del municipio de Río Grande y en el Ejido de Santa Rita, del municipio de Nieves.

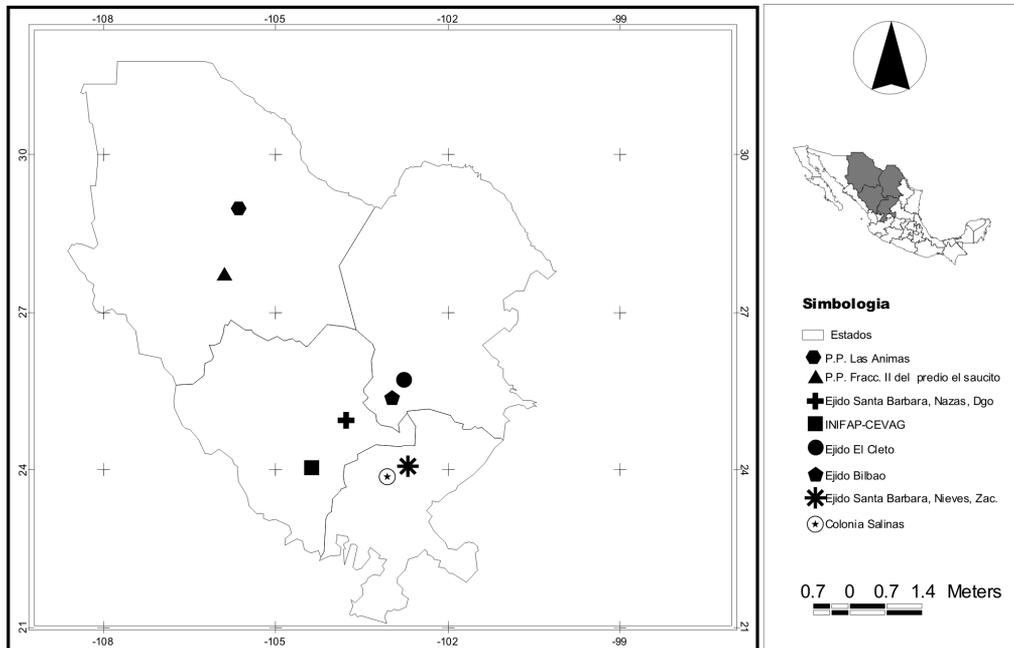


Figura 5.1. Ubicación de las áreas de estudio.

## Tipo de muestreo y distribución diamétrica

Se identificaron mezquiales para realizar los muestreos. Los árboles muestreados se seleccionaron conforme a la distribución diamétrica dominante de cada lugar, mediante un inventario de distribución en base a los programas de manejo vigentes en cada uno de los predios donde se hicieron los trabajos, para los casos donde no se contó con programa de manejo se procedió a realizar un inventario para obtener su distribución diamétrica. Para la obtención de los datos biométricos en campo, se usó el muestreo directo o muestreo destructivo que consistió en el derribo de cada árbol, no sin antes registrar datos generales y dasométricos en formatos diseñados para el presente estudio. Enseguida se presentan las categorías diamétricas dominantes para cada estado (Figura 5.2).

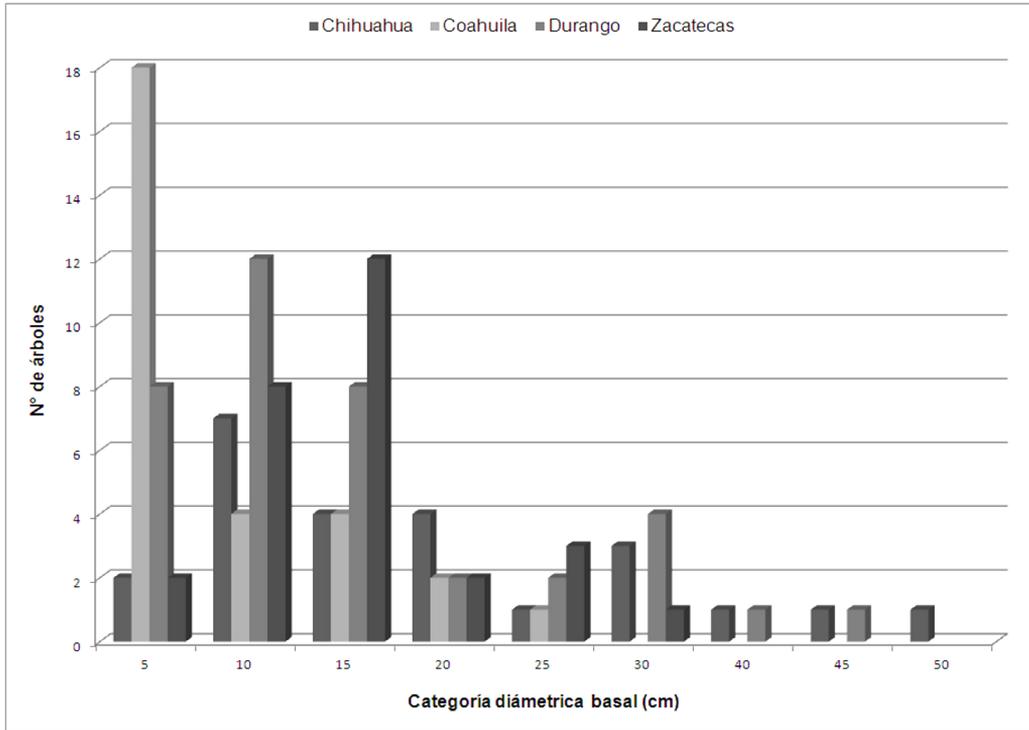


Figura 5.2. Estructuras diamétrica de *Prosopis* sp. por estado.

## Población y muestra

Se evaluaron ocho áreas ubicadas dentro de los cuatro estados del norte-centro de México. En el estado de Chihuahua, la muestra consistió de 44 árboles, de los cuales 24 corresponden al predio Fracción II del Saucito, mientras que en las Ánimas fueron 20 árboles. En Coahuila, se colectaron 30 muestras en dos áreas de estudio de los municipios San Pedro de Las Colonias y en Viesca. En Durango, se obtuvieron 40 muestreos en dos áreas donde 20 correspondieron al municipio de Nazas y 20 del Campo Experimental Valle de Guadiana. En Zacatecas, se registraron 30 muestreos en dos áreas de estudio que fueron en los municipios de Rio Grande y Nieves con 15 árboles cada área.

## Criterios para la toma de datos

- Todo árbol que presentó una bifurcación por arriba de los 10 cm del suelo se consideró como una rama de un solo árbol, si esta se bifurca por debajo de los 10 cm se consideró un árbol con dos o más tallos por lo que a cada tallo se le midieron las variables requeridas.
- Los diámetros menores de 5 cm ya no se consideraron pues no se ubican dentro del volumen comercial o de interés.

## VARIABLES DE MEDICIÓN

De los árboles seleccionados, se procedió a la obtención y medición de las siguientes variables (Figura 5.3).

- ✓ Diámetro basal (cm).
- ✓ Diámetro de copa total y por tallo (m).
- ✓ Diámetro de tallos a 1.30 m (cm).
- ✓ Diámetro de ramas a 1.30 m (cm).
- ✓ Número de ramas a 1.30 m.
- ✓ Número de tallos.



Medición del diámetro basal.



Conteo del número de tallos, y medición de la altura del tallo.

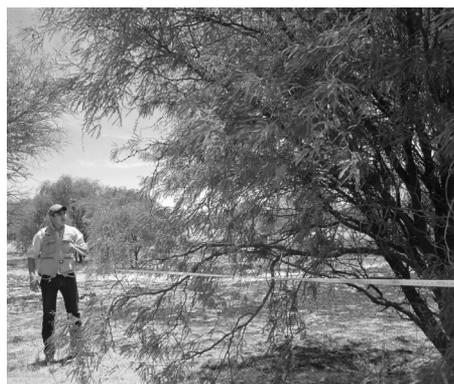


Medición de la altura.

**Figura 5.3. Medición de los datos dasométricos en campo.**



Número de ramas y medición del diámetro de las ramas a 1.30 m.



Medición del diámetro de copa total y por tallo.

**Figura 5.3 (continuación). Medición de los datos dasométricos en campo.**

### **Derribo y seccionado de árboles por componente**

Los árboles derribados fueron separados por componentes en el siguiente orden; tallo principal, ramas comerciales (Figura 5.4), ramas no comerciales y en hojas para facilitar las mediciones (Figura 5.5) en volumen comercial, biomasa aérea, y en base a esta última estimar el carbono retenido en cada muestreo.



**Figura 5.4. Proceso de separación del fuste principal y ramas comerciales.**



Figura 5.5. Proceso de separación en los componentes hojas y ramillas.

### Determinación y cálculo de volumen comercial

Para determinar el volumen comercial en mezquite se utilizó el método del xilómetro (método de Arquímedes) que trabaja mediante el desplazamiento del agua al sumergir cierto cuerpo sólido. El xilómetro para este estudio consistió de un recipiente metálico con capacidad de 200 litros, al cual se adaptó en un extremo una mica de plástico alargada, pegando una cinta métrica a la mica (Figura 5.6). Una vez diseñado el xilómetro se trabajó en la calibración con el fin de conocer los litros que se requerían por cada centímetro que desplazaba, con cinco repeticiones se determinó y se sacó el factor de conversión que fue de 2.56 litros por cada cm que sirvió para realizar los cálculos de volumen comercial, equivalente para cada milímetro de desplazamiento a 250 mililitros de agua.



Figura 5.6. Tipos de xilómetros diseñados para el cálculo de volumen comercial en mezquite (*Prosopis laevigata*).

## Uso del xilómetro para determinar volumen

Separados los componentes de fuste principal y ramas comerciales, se procedió a sumergirlos para obtener su volumen por desplazamiento. Antes de sumergir cada tercio de madera el xilómetro se niveló en un punto específico considerado como punto cero, para que al sumergir las cargas se tomara la lectura final desplazada en centímetros con mayor exactitud (Figura 5.7).



Figura 5.7. Proceso de uso del xilómetro para determinar volumen comercial.

## Obtención de muestras para el cálculo de biomasa aérea

Después de seccionar y separar los árboles en sus diferentes componentes, se obtuvieron muestras de cada uno de ellos, que pesaban desde los 100 gramos para el follaje, hasta 4 kg para algunas rodajas, esto con el fin de obtener y calcular la biomasa contenida en los componentes de cada árbol muestreado.

Se registró su peso verde (PV) en campo inmediatamente después de derribar los árboles muestreados según se muestra en la Figura 5.8, cada una de las muestras fueron embolsadas y etiquetadas después de registrar su peso en verde por componente.



Figura 5.8. Pesaje de las muestras, usando una balanza de precisión.

Las muestras en campo se identificaron con claves para cada árbol de la siguiente manera: Iniciales del componente, ejemplo fuste principal (FP), número de árbol (10), número de sitio (02) y por último el estado Durango (DU), (FP-10-02-DU). Se acomodaron las bolsas en costales para su traslado al Campo Experimental Valle de Guadiana (CEVAG) Durango, donde cada componente se secó en una cámara de secado para obtener el peso anhidro y con ello establecer factores de conversión que determinaron los pesos en biomasa por componente. La temperatura de secado fue de 100° C por 72 horas hasta alcanzar un peso constante (Figura 5.9).



Figura 5.9. Secado de las muestras de cada componente.

## Ecuación para estimar el contenido de humedad

El contenido de humedad se estimó usando la siguiente fórmula (Acosta *et al.*, 2002).

$$Ch = \frac{P_{vc} - P_{sc}}{P_{vc}}$$

Dónde:

$Ch$  = Contenido de humedad

$P_{vc}$  = Peso verde del componente

$P_{sc}$  = Peso seco del componente

## Factor para estimar la biomasa aérea

Para obtener los factores de conversión y calcular la biomasa por componente, se utilizó la razón de peso seco de cada componente del árbol y se relacionó con el peso original del componente para conocer su biomasa de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$MS = \frac{PSM}{PFM} \times 100$$

Y

$$B = \frac{(PVT * MS)}{100}$$

Donde;

MS= Porcentaje de materia seca (%).

PSM= Peso seco de la muestra (g).

PFM= Peso fresco de la muestra (g).

B= Biomasa.

PVT= Peso verde total del componente (kg).

MS= porcentaje de materia seca.

## Determinación de biomasa aérea por árbol

En la Figura 5.10, se presenta el proceso de pesaje de los componentes por cada árbol, se usaron dos tipos de básculas; una de ellas fue la báscula romana tipo muelle con capacidad de 100 kg (Figura 5.10), adaptándolo a un tripie diseñado para tal fin. Generalmente para pesar ramas no comerciales y tallos seccionados entre medianos y grandes.



Figura 5.10. Báscula mecanizada, usada en el pesaje de las mediciones de biomasa.

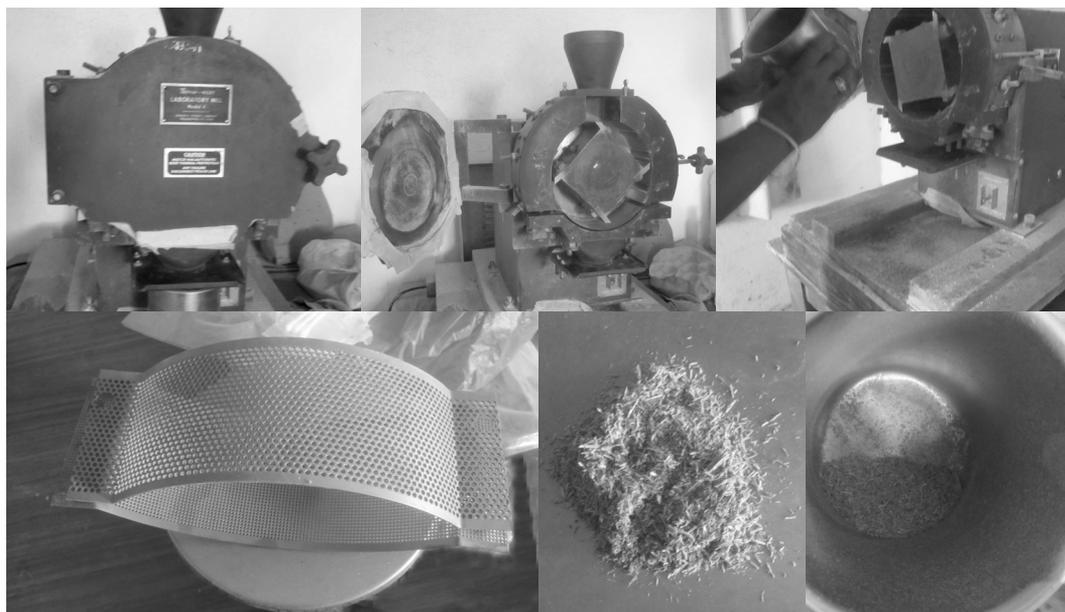
La báscula que se usó para el pesaje de hojas, ramas comerciales y algunas rodajas de tallos grandes, es la báscula industrial de la marca TORREY® (Figura 5.11), con capacidad de peso de 50 kg.



Figura 5.11. Báscula industrial, usada en el pesaje de las mediciones de biomasa.

## Determinación de carbono almacenado por componente

Para determinar el carbono almacenado en cada una de los componentes del árbol (fuste principal, rama comercial, rama no comercial y hojas), se seleccionaron de cada área de estudio, tres árboles correspondientes a tres categorías diferentes en cuanto a dominancia (árbol grande, árbol mediano y árbol chico), de ellos se obtuvieron las muestras para el análisis directo de carbono en laboratorio, que consistió en separar dichas muestras por componentes y fueron cuidadosamente molidas, mediante el molino eléctrico de marca Tomas-Willey® de laboratorio (Figura 5.12). Para la preparación de esas muestras se usó una malla de 1 mm según el componente del árbol correspondiente al lugar de colecta y el estado con claves específicas, guardando en sobres de papel y luego en bolsas de plástico para cada árbol.



**Figura 5.12. Preparación de muestras por componente aéreo en molino eléctrico Tomas-Willey® para el análisis directo de carbono.**

Cada muestra fue pesada en una báscula de precisión de 0.1, separando 60 gramos, por componente y etiquetado en sobres de papel de 12 por 20 cm, y fueron enviados al Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados S. C. (CIMAV) en la ciudad de Chihuahua. Para conocer el contenido de carbono se utilizó un analizador directo de carbono. La técnica empleada es por el analizador elemental CHNS-O, es una técnica que proporciona el contenido total de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre presente en un amplio rango de muestras de naturaleza orgánica e inorgánica tanto sólidas como líquidas, la técnica está basada en la completa e instantánea oxidación de la muestra mediante una combustión con oxígeno puro a una temperatura aproximada de 1000 °C.

Los diferentes productos de combustión  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$ , son transportados mediante el gas portador (He) a través de un tubo de reducción y después selectivamente separados en columnas específicas para ser luego desorbidos térmicamente. Finalmente, los gases pasan de forma separada por un detector de conductividad térmica que proporciona una señal proporcional a la concentración de cada uno de los componentes individuales de la mezcla (Choi, *et al.*, 2009).

Los campos de aplicación de esta técnica son diversos y van desde el análisis de combustibles fósiles (carbón, gasolina, aceites minerales, entre otros) hasta la industria farmacéutica y la química fina, pasando por el análisis de suelos, industrial alimenticia, cerámicas, entre otros.

## **Generación de la base de datos**

Con la información de las mediciones dendrométricas de cada árbol y para cada área de estudio, se generó una base de datos que permitió realizar los análisis correspondientes. Se usó la aplicación de una hoja de cálculo Excel® y del paquete estadístico SAS®. (Statistical Analysis System). La información se integró en el siguiente orden; sitio, árbol, número de tallos, diámetro basal, número de ramas a 1.30 metros y diámetro de la rama a 1.30 m, altura total y diámetro de copa. Considerando también las variables obtenidas u observadas, que sirvieron como base de comparación dentro de los análisis estadísticos realizados, la relación existente entre volumen de ramas y volumen de fuste principal, volumen comercial obtenido en campo, biomasa y carbono almacenado por árbol.

En la primera columna de la variable sitio, se trabajó con ocho sitios diferentes, que correspondían a cada estado dos áreas de estudio, la segunda columna fue para indicar el número de árboles dentro de cada sitio, el número de tallos según la dominancia de cada uno de ellos, si es un solo árbol corresponde a un solo tallo, el diámetro basal es el diámetro al ras del suelo en cm, el número y diámetro de ramas 1.30 m se midió para cada tallo, la altura total se determina una medición general y por cada tallo, y el diámetro de copa al igual que la altura se midió por cada tallo y una general.

## **Modelos de regresión para estimar volumen comercial**

Se probaron 30 modelos diferentes para la estimación del volumen agrupados en tres grandes familias; modelos lineales, logarítmicos y exponenciales.

### **Modelos lineales**

En el Cuadro 5.1, se presenta la forma de los diez modelos matemáticos lineales con variables combinados, probados para la estimación del volumen comercial en mezquite (*Prosopis laevigata*) los cuales fueron ajustados mediante el paquete estadístico SAS., a través del método de cuadrados mínimos ordinarios (CMO).

**Cuadro 5.1. Modelos matemáticos lineales con variables combinadas, probados para estimar el volumen en mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región norte-centro de México.**

$V = \beta_0 + \beta_1 DB + \beta_2 ATC$	Lineal variable ATC
$V = \beta_0 + \beta_1 DB + \beta_2 ATC + \beta_3 NR$	Lineal variable ATC
$V = \beta_0 + \beta_1 DB + \beta_2 ATC + \beta_3 DNR$	Lineal variable ATC
$V = \beta_0 + \beta_1 DB + \beta_2 ATC + \beta_3 DC$	Lineal variable ATC
$V = \beta_0 + \beta_1 DB + \beta_2 ATC + \beta_3 RV$	Lineal variable ATC
$V = \beta_0 + \beta_1 VC$	Lineal variable VC
$V = \beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 NR$	Lineal variable VC
$V = \beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 DNR$	Lineal variable VC
$V = \beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 DC$	Lineal variable VC
$V = \beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 RV$	Lineal variable VC

Dónde:

V: Volumen (m<sup>3</sup>)

DB: Diámetro basal (cm)

VC: Diámetro basal (cm) por la altura (m).

ATC: Altura total por número de ramas.

DC: Diámetro de copa (m).

NR: Número de ramas.

DNR: Diámetro basal por número de ramas

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  = Parámetros a ser estimados.

RV= Relación volumen fuste principal entre volumen de ramas comerciales.

### Modelos logarítmicos

En el Cuadro 5.2, se muestra la forma de los diez modelos matemáticos del tipo “variable combinada logaritimizados” empleados para estimar el volumen comercial en mezquite (*Prosopis laevigata*) los cuales fueron ajustados mediante el paquete estadístico SAS., a través del método de cuadrados mínimos ordinarios (CMO).

**Cuadro 5.2. Modelos matemáticos logarítmicos probados para estimar el volumen en mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región norte-centro de México.**

$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VC)$	Logarítmico VC
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VC) + \beta_2 LOG(NR)$	Logarítmico VC
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VC) + \beta_2 LOG(DNR)$	Logarítmico VC
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VC) + \beta_2 LOG(DC)$	Logarítmico VC
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VC) + \beta_2 LOG(RV)$	Logarítmico VC
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VCT)$	Logarítmico VCT
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VCT) + \beta_2 LOG(NR)$	Logarítmico VCT
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VCT) + \beta_2 LOG(DNR)$	Logarítmico VCT
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VCT) + \beta_2 LOG(DC)$	Logarítmico VCT
$LOGV = \beta_0 + \beta_1 LOG(VCT) + \beta_2 LOG(RV)$	Logarítmico VCT

Dónde:

LOG V: Logaritmo de volumen

NR, DNR, DC, RV, como en el Cuadro 5.2.

LOG: Logaritmo natural.

VC: Variable combinado (diámetro basal al cuadrado por la altura total).

VCT: Variable combinado, transformado (diámetro basal por la altura total).

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$  : Parámetros a ser estimados.

### Modelos exponenciales

En el Cuadro 5.3, se muestra la forma de otros diez modelos matemáticos exponenciales probados para estimar el volumen comercial en mezquite (*Prosopis laevigata*). Estos fueron ajustados mediante el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS., mediante el método de cuadrados mínimos no lineales.

**Cuadro 5.3. Modelos matemáticos no lineales probados para estimar el volumen en mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región norte-centro de México.**

$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 AT + \beta_2 DB)$	Exponencial
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 AT + \beta_2 DB + \beta_3 NR)$	Exponencial
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 AT + \beta_2 DB + \beta_3 DNR)$	Exponencial
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 AT + \beta_2 DB + \beta_3 DC)$	Exponencial
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 AT + \beta_2 DB + \beta_3 RV)$	Exponencial
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 DB)$	Exponencial VC
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 NR)$	Exponencial VC
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 DNR)$	Exponencial VC
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 DC)$	Exponencial VC
$V = EXP (\beta_0 + \beta_1 VC + \beta_2 RV)$	Exponencial VC

Donde:

V: Volumen (m<sup>3</sup> r); Exp: Exponente de la función matemática.

DB, NR, DNR, DC, como en el Cuadro 5.2.

AT: Altura total.

VC: Variable combinado, (diámetro basal al cuadrado por la altura total).

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ : Parámetros a ser estimados.

### Modelos de regresión para estimar biomasa y carbono

En el Cuadro 5.4, se presentan los modelos lineales empleados para estimar biomasa y carbono almacenado, de los cuales dos corresponden a la estimación de carbono y tres corresponden a la estimación de biomasa.

**Cuadro 5.4. Modelos matemáticos lineales probados para estimar biomasa y carbono en mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región norte-centro de México.**

$C = \beta_0 + \beta_1 B$	(1) Lineal
$C = \beta_0 + \beta_1 V$	(2) Lineal
$B = \beta_0 + \beta_1 V$	(3) Lineal
$B = \beta_0 + \beta_1 DB + b_2 AT + \beta_3 DC$	(4) Lineal
$B = \beta_0 + \beta_1 DB + b_2 DC$	(5) Lineal

Donde:

C: Carbono en Toneladas

B: Biomasa en Toneladas

V: Volumen en m<sup>3</sup>

DB: Diámetro Basal en Cm

AT: Altura Total en m

DC: Diámetro de Copa en m

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ : Parámetros a ser estimados

## Modelos lineales

Todos los modelos de esta familia muestran el efecto de la variable combinada. La combinación de altura total por el número de ramas (ATC) es para los primeros cinco modelos, la variable combinada (VC) corresponde a la multiplicación del diámetro basal por la altura total para los otros cinco de este mismo grupo. Cada uno de los modelos probados fue en base a variables dendrométricas: número de ramas (NR), diámetro normal de las ramas (DNR), diámetro de copa (DC) y una relación de volumen (RV) tratando de buscar una mejor exactitud del modelo. Todos estos modelos se ajustaron con en el paquete estadístico SAS.

Del conjunto de modelos se indica que existe una clara evidencia que las variables independientes diámetro basal y altura total tienen un comportamiento satisfactorio en la estimación del volumen de mezquite (*Prosopis laevigata*), se aprecia que de los primeros cinco modelos el "Modelo 4 Lineal con variable ATC-DC" de cuatro parámetros, muestra estadísticas sobresalientes con un  $R^2= 0.6609$ ,  $CME= 0.00177$  y  $F= 131.248$ ; sin embargo, el "Modelo 1 lineal" del mismo grupo es el mejor pues muestra el mayor valor en el estadístico de  $F= 185.805$  y además es un modelo de solo tres parámetros. De los otros cinco modelos dentro del mismo cuadro el modelo de dos parámetros "Modelo 6 lineal VC" muestra un valor muy sobresaliente en el estadístico de  $F=610.199$  por lo que este modelo resultó muy significativo en base a las variables, diámetro basal y altura total.

De acuerdo al ajuste practicado en los resultados encontrados; se asume, que el "Modelo 10 lineal VC-RV" presenta un grado de ajuste satisfactorio, dado que explica 77.41 % de la variación del volumen en función de la variable combinada (diámetro basal y la altura) y la variable relación de volumen (RV) para árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*).

En relación a esto, sólo dos modelos de una familia de diez muestran en sus parámetros estadísticas altamente significativas  $Prob.> |t| = 0.0001$  estos son: el "Modelo 6 lineal VC" y el "Modelo 10 lineal VC-RV" en el caso de los otros modelos restantes se aprecia estadísticas no significativas en los estimadores  $\beta_2$  y  $\beta_3$  respectivamente. La eficiencia de estos dos modelos se comprobó mediante el

valor del estimador; en donde se ve que en ambos modelos son mayores en los valores de “t” como el “Modelo 6 lineal VC” tiene en  $\beta_0$   $t=-7.5$  y  $\beta_1$   $t=24.7$  mientras que el “Modelo 10 lineal VC-RV” tiene en  $\beta_0$   $t=-4.3$ ,  $\beta_1$   $t=26.3$  y para  $\beta_2$   $t=-4.7$ .

En esta familia de modelos lineales, se deduce que el modelo de la variable combinada “Modelo 6 lineal VC”, aún en su forma lineal muestra un buen ajuste para predecir el volumen para árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*); esto es similar con lo encontrado por Navarro *et al.*, 2002, Cortés *et al.*, 2002, en modelos de volumen en especies maderables. Además para el “Modelo 10 lineal VC-RV” encuentra bastante robustez en sus predicciones.

## Modelos logarítmicos

Dentro de este conjunto de modelos cinco presentan la forma variable combinada básica (Log VC) y los otros cinco son también del tipo variable combinada transformada (Log VCT).

El “Modelo 1 logarítmico VC” presentó los mejores valores de ajuste de este grupo de modelos, con  $R^2=0.8509$ ,  $CME=0.23843$  y  $F=1164.571$  además que es un modelo de dos parámetros. En el segundo subgrupo el “Modelo 6 logarítmico VCT” mostró los valores de ajuste más altos en su grupo con valores de  $F=1043.045$ ,  $CME=0.26167$  y  $R^2=0.8364$ , por lo cual, se considera un buen modelo aunque no con la exactitud del modelo “Modelo 1 logarítmico VC” en base a dos variables de medición; diámetro basal y la altura total en árboles de mezquite.

De acuerdo a las pruebas de ajuste practicadas y los resultados encontrados; se asume, que el “Modelo 5 logarítmico VC-RV” presenta un grado de ajuste satisfactorio dado que explica en un 86.70% la variación del volumen en función de la variable combinada (diámetro basal al cuadrado por la altura total) y la variable relación de volumen (RV) para los árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*).

Sólo cuatro modelos de una familia de diez, muestran en sus parámetros estadísticas altamente significativas  $Prob>|t| = 0.0001$ , cuyos modelos son: el Modelo 1 log VC, Modelo 5 log VC-RV, Modelo 6 log VCT y el Modelo 10 VCT-RV. Para los otros seis modelos restantes se aprecia estadísticas no significativas en sus estimadores  $\beta_2$  respectivamente.

Se comprueba que existe una mayor eficiencia en el Modelo 1 log VC y el Modelo 5 log VC-RV, mediante el valor de “t” del estimador; pues se aprecia que para el caso de ambos modelos los mayores valores de “t” para el “Modelo 1 log VC” en  $\beta_0$  un valor de  $t=-54.5$  y en  $\beta_1$   $t=34.1$ , mientras que para el “Modelo 5 log VC-RV” en  $\beta_0$  para el valor de  $t=-57.3$ , en  $\beta_1$   $t=34.1$  y para  $\beta_2$   $t=-4.9$  respectivamente.

## Modelos exponenciales

A continuación se presenta un resumen de los resultados de los diez modelos no lineales probados en este estudio para predecir el volumen de mezquite.

Estos modelos fueron ajustados mediante el procedimiento NLIN del paquete “Sistemas de Análisis Estadísticos (SAS)”. A continuación se sintetizan las estadísticas más relevantes de los diez modelos no lineales que fueron evaluados para predecir el volumen en mezquite.

Se aprecia que de los primeros cinco modelos no lineales, el “Modelo 5 Exponencial” muestra estadísticas sobresalientes dentro del subgrupo sobre todo en el valor de “F” que es igual a  $F=448.75$ ,  $CME=0.00072$  y  $R^2=0.8988$ . Del otro subgrupo de modelos el “Modelo 6 exponencial VC” de dos parámetros es el que presenta las mejores estadísticas de ajuste con  $R^2=0.8139$ ,  $CME=0.00132$  y  $F=295.96$  considerando esta última el mejor de los modelos de esta familia.

Se explica que solo el “Modelo 5 Exponencial VC” de los primeros cinco modelos es el que muestra el menor error estándar asintótico (ErrEA) al menos en sus tres parámetros esto es ( $\beta_0$  ErrEA  $|T|=0.112357$ ,  $\beta_1$  ErrEA  $|T|=0.025437$ ,  $\beta_2$  ErrEA  $|T|=0.004066$  y  $\beta_3$  ErrEA  $|T|=0.017741$ ) en el caso de los otros cuatro modelos restantes, se ven mayores errores estándar asintóticos en los estimadores  $\beta_1$ -n respectivamente.

Se comprueba una mayor eficiencia en el “Modelo 5 Exponencial RV” y el “Modelo 10 Exponencial VC-RV” mediante el menor coeficiente de variación en los estimadores ( $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$ ) ya que, se aprecia para los dos modelos los menores valores de “CV” para el “Modelo 5 Exponencial RV” en  $\beta_0$   $t=-2.0$ ,  $\beta_1$   $t=9.9$ ,  $\beta_2$   $t=5.9$  y  $\beta_3$   $t=-8.9$ , para el “Modelo 10 Exponencial VC-RV” tiene en  $\beta_0$  un valor de  $t=2.0$ ,  $\beta_1$   $t=2.9$  y para  $\beta_2$   $t=-9.1$  respectivamente.

En esta familia de modelos no lineales, el “Modelo 5 Exponencial” en su forma exponencial muestra un buen ajuste para predecir el volumen para árboles de mezquite, lo que hace similar a estudios hechos por autores como; Navarro *et al.*, 2002, Cortés *et al.*, 2002, Contreras, 1997, en modelos de volumen en especies maderables. Además para el “Modelo 10 Exponencial VC-RV” encuentra bastante robustez en sus predicciones el mejor de este grupo este último modelo.

## Estimación de biomasa

La estimación de la biomasa por árbol y área de estudio fue posible al generar los factores de conversión para cuantificar la biomasa por árbol y determinar los promedios totales por entidad y para cada componente donde; FP=Fuste principal, RA=Ramas comerciales, RM=Ramas no comerciales y HO=Hojas.

El comportamiento final es acorde para cada componente esto es, que la biomasa contenida en el fuste principal fue siempre mayor que en los demás componentes. A continuación (Cuadro 5.5) se muestra la biomasa contenida por componente y por estado.

**Cuadro 5.5. Biomasa por componentes y por estado en poblaciones de mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región norte-centro de México.**

Estados	Biomasa por componente (%)			
	FP	RA	RM	HO
Chihuahua	63.71	64.77	53.63	32.62
Coahuila	68.43	66.70	62.01	52.94
Durango	65.27	62.66	59.52	37.24
Zacatecas	61.05	59.34	58.05	44.14

En el Cuadro 5.5 se observa que la mayor concentración de biomasa está en el componente, fuste o tallo principal, seguido en las ramas comerciales, luego en las ramillas y por último en las hojas.

Al hacer una comparación por estado solo en el fuste principal, para Coahuila presenta un porcentaje más alto, seguido del estado de Durango, lo que explica claramente que existen diferencias de un estado a otro, esto define que Coahuila presenta un clima mucho más seco lo que hace que al momento de secar las muestras, estas solo pierdan el 31.5 % correspondiente a la humedad en base a su peso original, se observa que la mayoría de sus componentes para el mismo estado presenta un comportamiento muy similar, esto es que la comparación con los demás entidades presenta valores por arriba de los demás estados.

### **Determinación de carbono almacenado por componente**

Los resultados obtenidos definen claramente que para la especie de mezquite (*Prosopis laevigata*) tiene un 46.03% de carbono almacenado en biomasa aérea por árbol.

Los resultados por componente reportaron que para el tallo o fuste principal (FP) = 46.28% corresponde a carbono retenido, para las ramas comerciales (RA) = 45.46%, para ramas no comerciales o ramillas (RM) = 45.21% y para las hojas (HO) = 47.16%, respectivamente.

Estos resultados obtenidos están dentro de los rangos que se reportan en varios estudios con autores como; Álvarez (2008), Díaz *et al.* (2007), Manzano (2006), Giffor (2000), Segura (1999) y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, (IPCC (1996).

En el Cuadro 5.6 se observan promedios de porcentajes de carbono contenido en biomasa por componentes según la dominancia o tamaño de árbol en base a su diámetro basal (Db), considerando que para árbol chico todos los de la categoría de 10 cm de diámetro, árbol mediano de 25 cm y árboles grandes de 35 cm en adelante. Fueron 24 muestras correspondientes para los cuatro estados.

**Cuadro 5.6. Carbono contenido por componentes y por dominancia para árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región norte-centro de México.**

Componentes	árbol 10 cm Db.	árbol 25 cm Db.	árbol 35 cm Db.	Desviación estándar
	Promedio de carbono contenido (%)			
FP	45.14	46.05	47.65	1.48
RA	45.36	45.28	45.74	0.67
RM	45.44	44.92	45.28	0.71
HO	47.77	46.84	46.88	1.06

Dónde: FP= Fuste principal. RA=Ramas comerciales. RM= Ramas no comerciales. HO= hojas

### Modelos de biomasa y carbono

En resumen los resultados de los cinco modelos lineales probados para estimar la biomasa y el carbono almacenado para mezquite (*Prosopis laevigata*) en la región norte-centro de México. Del conjunto de modelos, dos de los primeros corresponden al cálculo de carbono, mientras que los últimos tres son para determinar la biomasa. Se indica que los cinco presentan variables independientes y que tiene un comportamiento real en lo que es la estimación de carbono y biomasa en la especie de mezquite (*Prosopis laevigata*). Se aprecia que de los dos modelos lineales para la estimación de carbono, el “Modelo 1 Lineal Carbono” muestra estadísticas sobresalientes sobre el “Modelo 2 Lineal Carbono” con  $R^2=0.9996$ ,  $CME=0.000002$  y  $F=357.64$ . Lo anterior se debe a que es un modelo ajustado en base al variable peso de biomasa lo cual le da alta precisión; sin embargo el “Modelo 2 Lineal Carbono” es ajustado con base al variable volumen y pierde exactitud puesto que el modelo de volumen considera solo el volumen comercial y no el volumen del árbol total. De los tres modelos de biomasa restantes solo el “Modelo 3 Biomasa” es el que presenta las mejores estadísticas de ajuste con  $R^2=0.9389$ ,  $CME=0.001590$  y  $F=2182.27$ . Se aprecia que en la familia de modelos de biomasa ajustados con base a las variables tanto de diámetro basal, altura total, diámetro de copa, solo el modelo “Modelo 5 Lineal Biomasa con dos parámetros, presentó estadísticas satisfactorias con  $R^2=0.6678$ ,  $CME=0.008720$  y  $F=141.74$  después del “Modelo 3 biomasa”.

Se asume que de los modelos lineales para estimar carbono solo el “Modelo lineal 1 Carbono” muestra en sus parámetros, estadísticas altamente significativas  $Prob>|t| = 0.0001$ , esto lo hace altamente preciso para estimar carbono en base a biomasa. Mientras que para la predicción de la biomasa, el “Modelo 4 lineal Biomasa” y el “Modelo 5 lineal Biomasa, son los que presentan estadísticas altamente significativas en sus estimadores  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$  respectivamente.

Por último se comprueba que existe una mayor eficiencia en los “Modelo 1 lineal Carbono”, “Modelo 4 lineal Biomasa” y “Modelo 5 lineal Biomasa”, mediante el valor del estimador; pues se aprecia que para el caso del primero se encuentran los mayores valores de “t” en  $\beta_0$  un valor de  $t = -10.13$  y en  $\beta_1$ ,  $t = 951.66$ , mientras que para el “Modelo 4 lineal Biomasa” en  $\beta_0$  un valor de  $t = -11.39$ , en  $\beta_1$ ,  $t = 5.85$ ,

$\beta_2 t = 4.05$  y  $\beta_3 t = 4.45$  y para el “Modelo 5 Lineal Biomasa” tiene en  $\beta_0 t = -12.23$ ,  $\beta_1 t = 7.56$  y  $\beta_2 t = 5.03$  superando en todos sus parámetros al “Modelo 5 lineal Biomasa”.

## LITERATURA CITADA

- Acosta M., M., J. J. Vargas H., A. Velázquez M. y J. Etchevers B. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. *Agrociencia* 36: pp. 725-736.
- Álvarez, G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba. Bolivia. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, escuela de postgrado en Bolivia, Costa Rica. 76 p.
- Brown, S., Gillespie, A.J.R. and Lugo, A.E. 1989. *Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data*. *Forest Science* 35(4): pp. 381–902.
- Cailleux, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Roma, Italia, FAO. v. 1, 33 p.
- Carrillo A., F., E. Buendía R., M. Acosta M. y T. Hernández T. 2007. Captura de Carbono en Áreas Arboladas. *In: Tlaxcala sus recursos forestales*. pp. 170-179.
- Castellanos F., J., A. Velázquez M., J. J. Vargas H., C. Rodríguez F. y A. M. Fierros G. 1996. Producción de biomasa en un rodal de *Pinus patula* Schl. et Cham. *Agrociencia* 30: pp. 123-128.
- Choi, S., Drese, H. and Jones, W. (2009), *Adsorbent Materials for Carbon Dioxide Capture from Large Anthropogenic Point Sources*, *Chemsuschem*, 2. pp. 796 – 854.
- Contreras A. C. 1997. Ecuaciones de volumen y funciones de ahusamiento para *Pinus durangensis* Mart. y *Pinus teocote* Schel. et Cham. Del Ejido Vencedores, San Dimas, Durango, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L., México. 69 p.
- Cortés, G., Velásquez A., Torres A., Bocco G. 2002. Contribución al plan de manejo forestal. *Interciencia* 21. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. p 4-6.
- De Jong, B., G. Montoya-Gómez, K. Nelson, L. Soto-Pino, J. Taylor y R. Tipper. 1995. *Community forest management and carbon sequestration: a feasibility study from Chiapas, Mexico*. *Interciencia* 20(6): pp. 409-416.

- De Jong, B. H. J., O. Masera y T. Hernández-Tejeda (2004) "Opciones de captura de carbono en el sector forestal", en Cambio Climático: una visión desde México, Instituto Nacional de Ecología, México. p 40.
- Díaz, R, M. Acosta, F. Carrillo, E. Buendía, E. Flores, J. Etchevers D. 2007. Determinación de ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en *Pinus pátula*. Madera y Bosques 13(1): pp. 25-34.
- Dixon, R. K. 1995. *Agroforestry systems: Sources or sinks of greenhouse gases?* Agroforestry systems 31: pp. 99-116.
- Dixon, S. P. Sathaye, O. R. Meyers, O. R. Masera, A. A. Makarov, S. Toure, W. Makundi y S. Wiei. 1996. *Greenhouse Gas Mitigation Strategies: Preliminary Results from the U.S. Country Studies Program*. Ambio. 25(1): pp. 26-32.
- Garcidueñas M., A. R. 1987. Producción de biomasa y acumulación de nutrientes en un rodal de *Pinus montezumae* Lamb, Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Programa Forestal. Montecillos, México. 242 p.
- Giffor, R. 2000. *Carbon contents of above-ground tissues of forest and woodland trees*. Canberra: Australian Greenhouse Office, National Carbon Accounting System, Technical Report N° 22. 17 p.
- Hernán J., A. y M. Ibrahim. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles?. Agroforestería en las Américas. Vol. 10. pp. 39-40.
- Husch, B, Miller, C. I. and Beers, T. W. 1982. *Forest mensuration*. New York, US, John Willey and Sons. 402 p.
- Huxley, J. S. 1932. *Problems of Relative Growth*. The Dial Press, New York. 276 p.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2001. Segunda comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Comité Intersecretarial de Cambio Climático. México 374 p.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2006. Tercera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. SyG Editores, S. A de C. V. México, D. F. México. 207 p.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). 1996. Chapter 5: Land Use Change & Forestry. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Revised Version. London. Vol. 3, 57 p.
- Loetsch, F. Zohrer, F. and Haller, K. E. 1973. *Forest inventory*. Munich, DE, BLV Verlagsgesellschaft. 469 p.

- López R., C. y R. Keyes. 1987. Modelos para estimación de biomasa de *Pinus cembroides* Zucc pp. 211-220. II Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. México.
- Manzano m. C. 2006. Evaluación de captura de carbono y emisiones de GEIs. Centro de calidad ambiental. Tecnológico de Monterrey. Nuevo León, México. 10 p.
- Martínez de Saavedra, J. y G. Sánchez. 2000. El Proceso de cuantificación Nacional de los sumideros de Carbono en los sistemas Forestales Españoles. SPCAN\_DGCN. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. 82 p.
- Martínez, J. y A. Fernández (Eds.).2005. Jiménez Editores e Impresores, S. A. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F. México. pp. 369-380.
- Masera, O. 1995. *Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results*. Interciencia 20(6): pp. 388-395.
- Navarro, M. J., Borja de la rosa A., Musalem S. M. Á., Ramírez M. H. y Granados S. D. 2002. Ecuaciones y tablas de volúmenes comerciales con y sin corteza para *Peltogyne Mexicana*, una especie amenazada del estado de Guerrero, México. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 135-137.
- Ordóñez D., J. A. 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México, D. F. México. 72 p.
- Organización Mundial para la Agricultura (FAO). 2006. Los bosques y el cambio climático: La gestión forestal es fundamental para afrontar el cambio climático. [http:// www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/ index.html](http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html). (25 de junio de 2010).
- Parresol B.R. 1999. *Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons*. Forest Science 45(4): pp. 573–593.
- Rentería, A., J. B. 1995. Sistema de cubicación para *Pinus cooperi* blanco mediante ecuaciones de ahusamiento en Durango. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 36 p.
- Romahn de la V., C. F., H. Ramírez M. y Treviño G., 1987. Dendrometría. UACH. Chapingo, México. 387 p.
- Schulze E., D., Ch. Wirth and M. Heimann. 2000. Managing forests alter Kyoto. Science 289(5487): pp. 2058-2059
- Segura, M. 1999. Valoración de los servicios de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación Cordillera Volcánica Central. Tesis Mag Sc. Turrialba, CR, CATIE. 119 p.

Snowdon, P., J. Raison, H. Keith, K. Montagu, K. Bi, P. Ritson, P. Grierson, M. Adams, W. Burrows, and D. Eamus. 2001. *Protocol for sampling tree and stand biomass*. Australia, Australian Greenhouse Office. (National carbon accounting system technical report No. 31). Draft. 114 p.

## CAPÍTULO VI

# DASOMETRÍA DE ÁREAS MEZQUITERAS EN EL NORTE-CENTRO DE MÉXICO



Luis Manuel Valenzuela Núñez

Ramón Trucíos Caciano

Julio César Ríos Saucedo

Cándido Márquez Hernández

Rigoberto Rosales Serna



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen numerosos factores que atentan contra la diversidad biológica; el crecimiento demográfico, el consumismo y la pobreza, el uso de tecnologías contaminantes y erosivas, las prácticas productivas insostenibles ambiental y económicamente, entre otros, son elementos que provocan una reducción en todos los niveles de la biodiversidad. Entre los sectores productivos, el primario (que incluye las actividades agrícolas ganadera, silvícola y pesquera) ha sido fundamental para el desarrollo económico de México, pero también ha contribuido de manera importante al deterioro ambiental del país, ya que ha propiciado la reducción de los bosques y selvas al abrir espacios y terrenos de manera desordenada (deforestación) para la crianza de ganado, así como el cultivo de especies vegetales y el asentamiento irregular de comunidades (Cavazos, 1997). Asimismo, la falta de apoyo económico para el desarrollo de actividades productivas ecológicamente sostenibles y las políticas de colonización sin planeación, que se han fomentado en los últimos años, han contribuido al deterioro de los ecosistemas (Velázquez *et al.*, 2001). Otro factor importante es el que se refiere a la explotación forestal de especies en zonas áridas, no tanto por los volúmenes aprovechados, sino por la concentración de la explotación en unas cuantas especies, como por ejemplo las de mezquite (Challenger, 1998; Golubov *et al.*, 2001).

El mezquite tuvo una crucial importancia para los primeros pobladores de las regiones áridas y semiáridas, por los usos que cada pueblo le dio. Los pueblos cazadores-recolectores, casi todos ellos nómadas, utilizaron al mezquite principalmente como alimento, combustible, sombra, para la elaboración de juguetes y utensilios y como planta medicinal.

En el siglo XIX, se le encontraron diferentes usos, tales como; alimentación del ganado doméstico, elaboración de carbón, flora para la explotación de abejas, extracción de gomas y material de vivienda (Orofino, 2004).

En la actualidad, el mezquite sigue presentando los mismos usos, por lo que es considerado como recurso natural de importancia en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país.

Entre los usos actuales más extendidos se encuentran:

**Madera:** Se utiliza en forma de brazuelos, tablas y tablones, postes para cerca, trozas en rollo, durmientes, etc.; además en la elaboración de muebles artesanales, destacando los trabajos de marquería con madera de mezquite, elaborado en Zacatecas (Galindo y García-Moya, 1986).

Entre las características físicas de la madera del mezquite se destaca su albura de color amarillo claro que forma un anillo de media pulgada alrededor del duramen, que es de color café rojizo. La madera es dura, durable, de grano cerrado, que toma un brillo excelente al pulirla; sin embargo, la madera es quebradiza y con poca resistencia a la flexión, estas características limitan su uso comercial. El contenido del duramen es de 65-80 % (Durso *et al.*, 1973).

La madera de mezquite tiene un peso específico de 0.76 y la raíz es aún más dura. Debido a estas características, la madera de mezquite es usada para la manufactura de artefactos que necesitan

ser muy resistente como muebles, parquet, duela, hormas para zapatos, mangos de herramienta y utensilios de cocina, además es muy utilizada para la construcción en las zonas rurales (Signoret, 1970; Silbert, 1988, Galindo y García-Moya, 1986).

**Leña y carbón:** Dentro de los usos maderables de la especie se encuentra la leña, el cual es uno de los principales rubros de la explotación, ya que el mezquite es considerado el recurso leñoso por excelencia en las comunidades rurales de zonas áridas y semiáridas, utilizado en las viviendas como combustible (Villanueva *et al.*, 2004).

El principal uso de la leña del mezquite es para la preparación de alimentos o calentamiento. En segundo lugar, se tiene el calentamiento de agua y de hornos, y para la calefacción del hogar. Más del 75% de los usuarios de este energético no comercial, lo consume en el llamado fogón abierto o de tres piedras, cuya eficiencia térmica es muy baja (Argüeyes y Montoya, 1991, Flores y Ortega, 2004).

La forma más usual de aprovechamiento de leña es el conocido como leña en raja, sin que exista una metodología específica para realizar el aprovechamiento, aunque puede observarse que las partes usadas, casi siempre, son las ramas (Camou, 2007).

Las comunidades rurales hacen acopio de leña a partir de los mezquites silvestres que tienen en su localidad; usualmente colectan los volúmenes suficientes para un plazo corto. Además, suelen realizar por temporadas un aprovechamiento de leña de mezquite para su comercialización (Flores y Ortega, 2004, Camou, 2007).

Otro producto del mezquite de gran importancia económica es el carbón, el cual se produce cuando se calienta la madera en ausencia de aire (pirólisis) y se controla la entrada del mismo (combustión). Este sistema de carbonización es el más antiguo, en el cual se usa la tierra como escudo contra el oxígeno, como aislante de la madera en el proceso de carbonización contra una pérdida excesiva de calor (Villanueva *et al.*, 2004, Gómez, 1996).

En este sistema que comúnmente se conoce como carbonización en “chavete”, el porcentaje obtenido de carbón es bajo (12-14 %), mientras que en hornos de mampostería o metálicos el porcentaje aumenta hasta el 20 % (Villanueva *et al.*, 2004). Además, en estos últimos, se recogen gases y líquidos producidos en el proceso (gas, combustible, alcohol metílico, ácido ascético, ésteres, acetona, aceites de madera, alquitrán ligero, aceite de creosota y brea).

La obtención de leña involucra desplazarse entre 1 y 7 km, aunque se encuentren comunidades donde recorren más de 30 km. A pesar de este gran esfuerzo humano, el poblador rural considera que esta fuente de energía es la más barata, ya que sólo exige el tiempo de la recolección (Flores y Ortega, 2004, Camou, 2007).

Esto es evidentemente importante en las zonas áridas y semiáridas, puesto que su vegetación es escasa, y más la de tipo arbóreo que pueda ser considerado como biocombustible; sin embargo, también implica una deforestación considerable.

**Uso medicinal:** La infusión de algunas partes de la planta se usa para combatir la disentería; el cocimiento de las hojas (bálsamo de mezquite) se emplea para combatir algunas afecciones de los ojos, el cocimiento de la corteza es vomitivo-purgante, se sabe que sus extractos en alcohol de las hojas frescas y maduras han mostrado una marcada acción antibacterial contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Niembro, 1986, Galindo y García-Moya, 1986).

**Alimentación animal:** Dentro de una explotación no maderable el producto principal del mezquite es la vaina, dado que su recolección representa un ingreso adicional para los campesinos de las regiones donde es aprovechado, a la vez que constituye un elemento de buena calidad en la alimentación del ganado (Martínez *et al.*, 2000).

El consumo de la vaina contribuye a disminuir el costo de las raciones alimenticias que son suministradas al ganado bovino lechero y en especial al de engorda, así como al porcino y caprino y como menor intensidad, al caballar, asnal y mular.

La vaina y harina del mezquite son aprovechadas para alimento de diversos tipos de ganado, sin embargo, tiene mayor demanda en la preparación de concentrados que se suministran al ganado lechero, mantenido bajo el régimen de estabulación o de media estabulación. La vaina del mezquite también es apreciada para engorda de ganado como Hereford, Angus, Aberdeen y criollos.

El principal valor forrajero del mezquite radica en el fruto, aunque los animales inclusive ramonean las ramas tiernas; en otros lugares, el mezquite proporciona sombra a los animales, que es muy necesaria en las regiones de altas temperaturas.

El aprovechamiento del fruto del mezquite se lleva a cabo mediante la recolección manual de la vaina; aunque comúnmente las vainas son retiradas de los árboles, se da el caso de la recolección en el piso. Los recolectores almacenan las vainas en costales para facilitar su traslado a los centros de acopio, o bien a su comunidad a donde recurren compradores de vaina (Niembro, 1986).

La época de cosecha se presenta en los meses de julio a septiembre, lo cual es de gran importancia para los campesinos de las zonas áridas y semiáridas, ya que el aprovechamiento de este recurso contribuye a aliviar la precaria situación de algunas familias en esta época del año que es cuando la sequía suele acabar por completo con los cultivos de temporal y los forrajes de los agostaderos; se ha observado que una familia puede recolectar de 200-250 kg de vaina diarios (Toledo *et al.*, 1989).

**Gomas:** Cuando el mezquite es herido en su corteza o ramas, o por la aspersión de 2-4-5-T, produce un exudado conocido como goma de mezquite, la cual se ha examinado para determinar su semejanza con la goma arábiga (Gómez, 1996, Villanueva *et al.*, 2004).

Dos tipos de goma son exudados del mezquite: un tipo blanco o de color ámbar muy similar a la goma, es negra, firme, quebradiza y astringente al gusto, que es usada como colorante y se ha reportado que contiene 20% de taninos. Todo esto sugiere la posibilidad de utilizar la goma de mezquite en lugar de las gomas importadas (Durso *et al.*, 1973; Gómez, 1996, CONAF, 1996).

**Otros:** Se reporta el contenido de taninos en la madera es del 5 al 9%, lo cual es bajo en comparación con otras fuentes, lo mismo que en producción de alcohol etílico; sin embargo, como parte de una explotación integrada, pueden representar ingresos adicionales (CONAF, 1996).

Es empleado en la alimentación humana en forma de harinas, bebidas fermentadas y en vainas. Además, su floración sustenta en buena medida la producción apícola en las regiones secas (Gómez, 1996).

El presente escrito tiene como finalidad presentar de manera detallada las características dasométricas de los rodales de mezquite presentes en ocho sitios de muestreo en los cuatro Estados que conforman la región norte-centro de México y con ello tener una idea clara de la densidad de la poblacional arbórea, además de la importancia ecológica del mezquite en los ecosistemas de la región. Se pretende presentar de manera general un primer acercamiento del volumen de madera comercial disponible en los rodales de mezquite.

Se presenta además una caracterización ecológica que representa el medio biofísico y la estructura horizontal de la vegetación de mezquital en la región norte-centro de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La identificación y delimitación de los rodales de mezquite en la zona de estudio se apoyó en la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI Serie III Escala 1:250 000, identificando los polígonos correspondientes al tipo de vegetación de mezquital y mediante recorridos de campo se ubicaron in situ los rodales y se localizaron los caminos y brechas de acceso.

El muestreo de la población de mezquite, se realizó mediante mediante un muestreo de vegetación denominado "Cuadrante de Punto Central" (Figuras 6.1 y 6.2), en transectos ubicados dentro de los rodales para cada uno de los sitios en las diferentes localidades de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas (Figura 6.3). El número de puntos de muestreo varió entre 12 a 44, dependiendo de la extensión de los rodales, su heterogeneidad y la accesibilidad a los mismos, respetando la accesibilidad de las propiedades privadas.



Figura 6.1. Delimitación de cuadrantes para el muestreo de mezquite mediante el método de cuadrante de punto central.

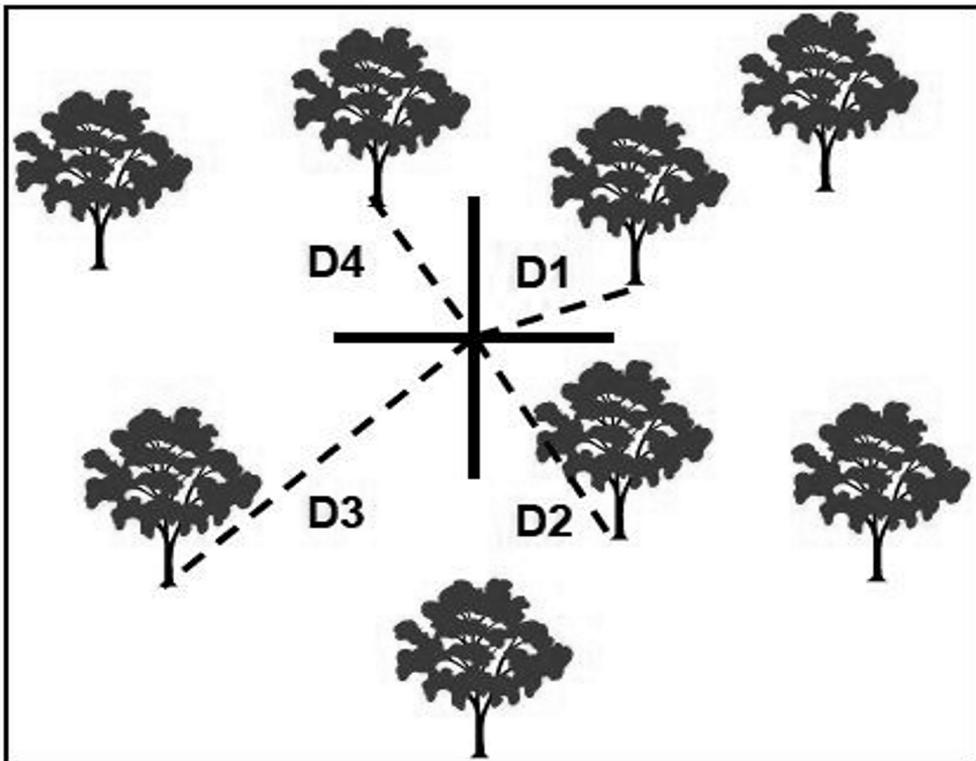
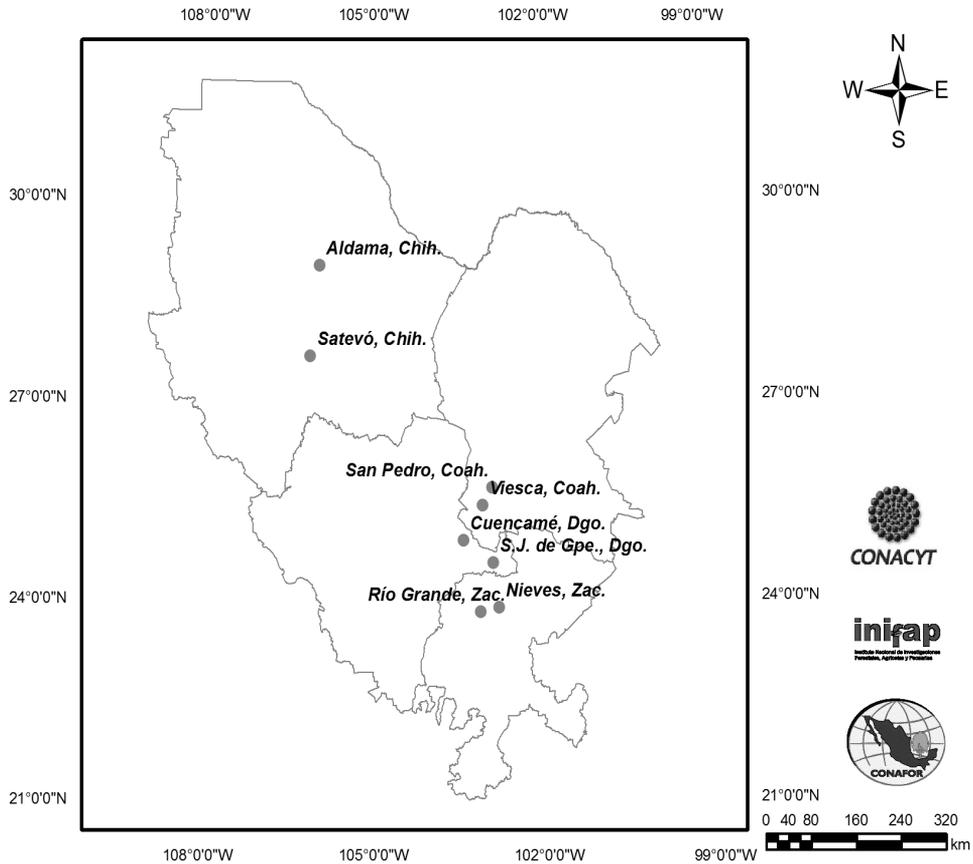


Figura 6.2. Método de cuadrante de punto central (Bonham, 1989).

En cada punto de muestreo, se formó un cuadrante en donde se tomó la distancia del cuadrante al individuo más cercano en cada uno de los cuadrantes. La información obtenida se utilizó para estimar la densidad de población por hectárea en función de la distancia media estimada (Vázquez, 1986; Bonham, 1989; Franco *et al.*, 1995; Bern *et al.*, 1999, Meza y Osuna, 2003).



**Figura 6.3. Área de estudio de la generación, validación y/o desarrollo de tecnologías para el manejo sustentable de la cadena productiva de mezquite en el norte-centro de México.**

Para estimar la densidad absoluta de individuos por hectárea (DAT) fue necesario obtener la distancia media (DM) y área media (AM) de la siguiente forma:

$$DM = (\text{Sumatoria de las distancias}) / \text{No. de cuadrantes}$$

$$AM = (DM)^2$$

$$DAT = 10\ 000 / AM$$

La caracterización dasométrica se llevó a cabo mediante la toma de información de cada individuo midiendo la altura, los diámetros de la cobertura de copa, los diámetros de la cobertura a nivel del suelo dado (debido al carácter arbustivo del mezquite), número de tallos y se estimó el volumen de madera comercial midiendo los fustes y ramas aprovechables (se tomó como criterio que fustes y ramas con diámetro mayor a 5 cm y longitud mayor a 100 cm son comerciales).

Los datos de altura de los árboles de mezquite se obtuvieron con el uso de estadales graduados en centímetros para los individuos de hasta 4 m de altura. Para alturas mayores los cálculos se realizaron con clinómetro (Figura 6.4) obtenidas a una distancia horizontal conocida utilizando la ecuación:

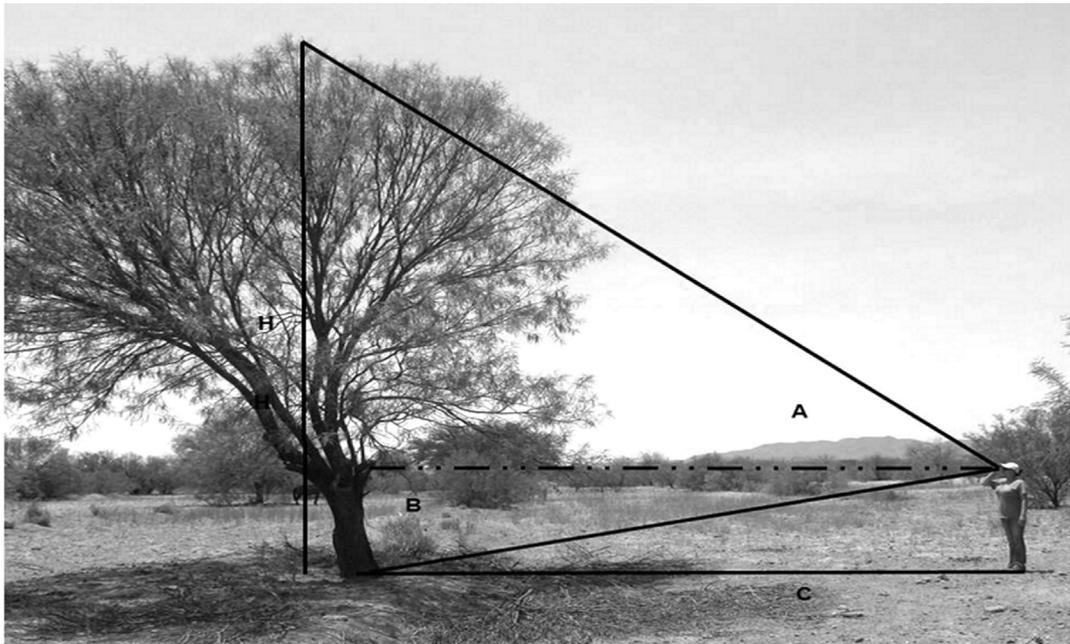
$$H = (A+B)*C$$

H = Altura del árbol

A = Lectura a la parte superior de la copa

B = Lectura a la base del tallo

C = Distancia del visor al fuste.



**Figura 6.4. Uso del clinómetro para determinar la altura total de individuos de mezquite con alturas mayores a 4.0 m.**

Las coberturas aérea y basal (Figura 6.5) se calcularon con la medición del diámetro mayor (DM) y diámetro perpendicular (Dm) con la siguiente ecuación:

$$A = DM * Dm * 0.7854.$$



Figura 6.5. Cálculo de la cubierta aérea en individuos de mezquite.

Los fustes del mezquite no son de excesiva longitud y toman formas casi cilíndricas, por lo que diversos autores (Born y Chojnacky, 1985; Romahn *et al.*, 1994; Meza y Osuna, 2003) proponen el cálculo del volumen de madera comercial con el método de Huber, el cual consiste en multiplicar el área de la sección media por la longitud del fuste o rama, la suma del volumen de cada uno es el volumen de madera comercial por árbol.

$$V = Am * L$$

V = Volumen del fuste

Am = Área de la sección media

L = Longitud del fuste.

## RESULTADOS

### Municipio de Satevó, Chihuahua

El número de puntos de muestreo fue de 18, y se desarrolló dentro de los límites de una propiedad privada. Los árboles presentaban inicio de floración al momento del muestreo (15-17 de abril de 2010). El sitio se encuentra sometido a pastoreo, los suelos son compactos por el pisoteo del ganado y los terrenos son planos predominando los pastos en el estrato herbáceo. El mezquite se

encuentra mezclado con individuos de huizache chino (*Acacia schaffnerii*), uña de gato (*Mimosa* sp), barreta (*Helietta* sp), hoja de navidad (*Berberis trifoliata*). El estrato herbáceo se compone de hierba del negro (*Sphaeralcea angustifolia*), espuela de caballero (*Delphinium gracile*), salvilla (*Fullonum cardenhadipsacus*), toloache (*Datura* sp.), cardo santo (*Onopordum* sp.), gordolobo (*Encelia* sp) y hierba del sapo (*Bidens odorata*). Las gramíneas presentes corresponden a los géneros *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Heteropogon* e *Hilaria*, principalmente. Se pueden observar individuos aislados de *Opuntia violacea*.

El predio es atravesado por una corriente de carácter intermitente y en las orillas pueden verse algunos individuos aislados de *Salix bonplandiana* y en el estrato herbáceo es común la presencia de la jara de río (*Baccharis salicifolia*) y tabaquillo (*Nicotiana glauca*). Cabe resaltar la presencia de colmenas en el predio como una forma de aprovechamiento de la floración del mezquite.

La distancia media entre plantas, es de  $7.74 \text{ m} \pm 3.18$ , que convertida a densidad de población equivale a 500 individuos por ha (Figura 6.6). Los árboles mostraron una altura promedio de  $3.72 \text{ m} \pm 0.70 \text{ m}$  (Figura 6.7).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $24.22 \text{ m}^2 \pm 9.72 \text{ m}^2$  (Figura 6.8), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.31 \text{ m}^2$  (Figura 6.9). El 50% de los mezquites presentaron forma arbórea, es decir un tallo principal, y el resto de los individuos más de dos tallos principales (Figura 6.10).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 68.06%. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $0.86 \text{ m}^3$  (Figura 6.11) que con base a la densidad poblacional dan como resultado un volumen de madera comercial de  $275.83 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Con base a los datos de cobertura aérea obtenidos y la densidad de población de mezquite el porcentaje de la superficie cubierto es del 69.03%, esto indica la importancia ecológica del mezquite en la reducción del impacto del agua de lluvia en el suelo.

### **Municipio de Aldama, Chihuahua**

El número de puntos de muestreo fue de 25 y se llevó a cabo dentro de los límites de una pequeña propiedad. El sitio se caracteriza por encontrarse sobre terrenos planos con suelos pobres en materia orgánica y que presentan costras en su superficie, lo que puede indicar la presencia de sodio y otras sales en los mismos, se presenta cierto grado de erosión en canalillos; los árboles en este sitio presentan un alto índice de goma en sus tallos y ramas debido probablemente a la presencia de plagas que perforan el cámbium. Hay una cubierta herbácea muy escasa y hay presencia de mantillo bajo los árboles de mezquite.

Entre los elementos arbustivos que acompañan al mezquite se encuentran la corona de Cristo (*Ephedra* sp.), uña de gato (*Mimosa* sp.), saladillo (*Atriplex* sp) y algunos elementos de nopal violeta (*Opuntia violacea*). El estrato herbáceo es pobre y son los pastos los que predominan (*Bouteloua*, *Muhlenberghia*, *Hilaria*, *Heteropogon*).

Los individuos presentaban floración y formación de frutos al momento del muestreo (22 -23 de mayo de 2010). El área presenta suelos de profundidad media (35-50 cm) y a pesar de ser un área de pastoreo, los suelos se encuentran poco compactados.

La distancia media entre árboles, es de  $6.67\text{m} \pm 3.44\text{ m}$ , dando como resultado una densidad de población de 599 individuos por ha (Figura 6.6) con una altura promedio de  $2.95\text{ m} \pm 1.11\text{ m}$  (Figura 6.7).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $11.51\text{ m}^2 \pm 6.65\text{ m}^2$  (Figura 6.8), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.84\text{ m}^2$ (Figura 6.9). El 44% de los mezquites presentaron forma arbórea, es decir un tallo principal, presentando el resto de los individuos más de dos tallos, es decir, forma arbustiva (Figura 6.10).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 36%. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $0.55\text{ m}^3$  (Figura 6.11), que en base a la densidad poblacional dan como resultado un volumen de madera comercial de  $171.05\text{ m}^3/\text{ha}$ .

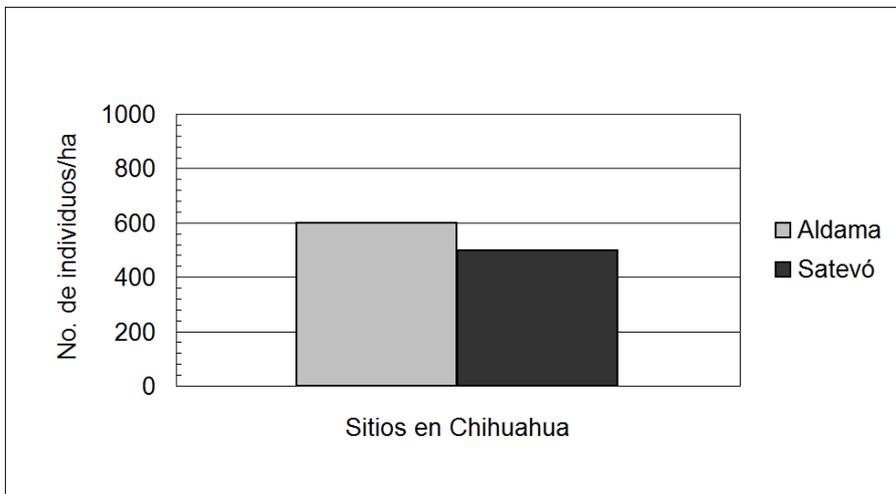


Figura 6.6. Densidad de población en número de individuos por hectárea y altura media de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Chihuahua, México.

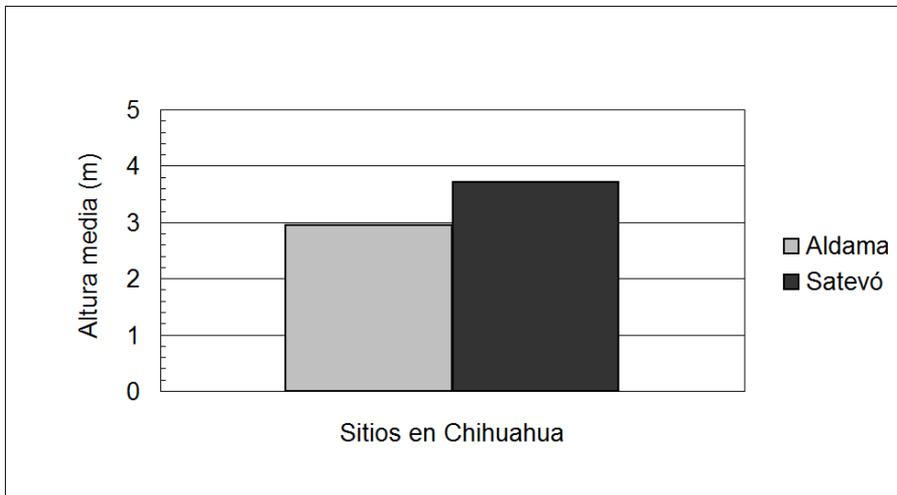


Figura 6.7. Altura media (m) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Chihuahua, México.

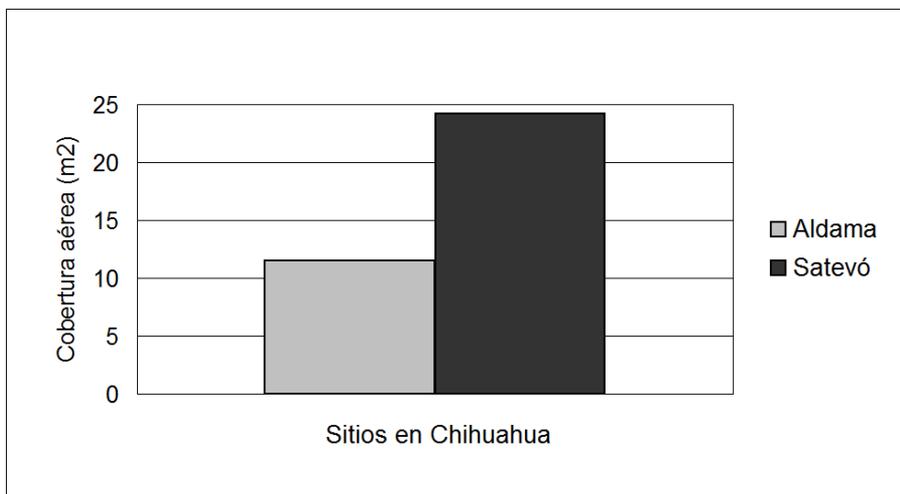


Figura 6.8. Cobertura aérea (m<sup>2</sup>) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Chihuahua, México.

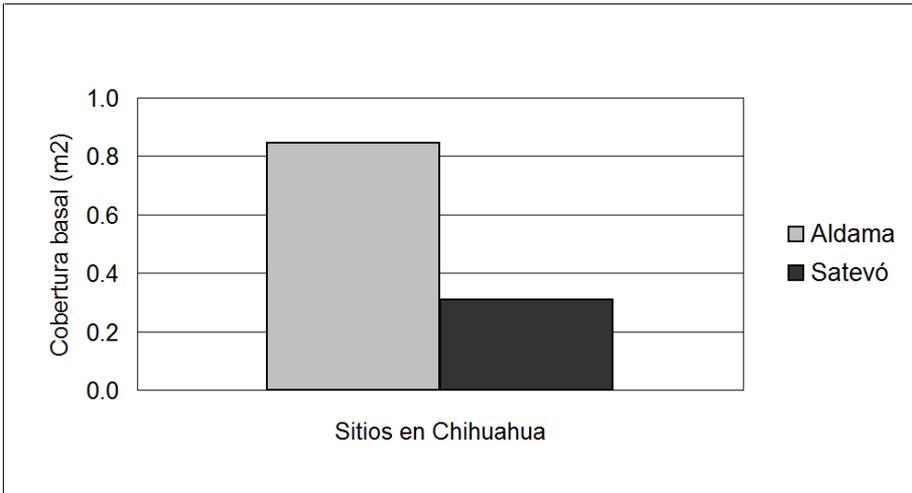


Figura 6.9. Cobertura basal (m<sup>2</sup>) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Chihuahua, México.

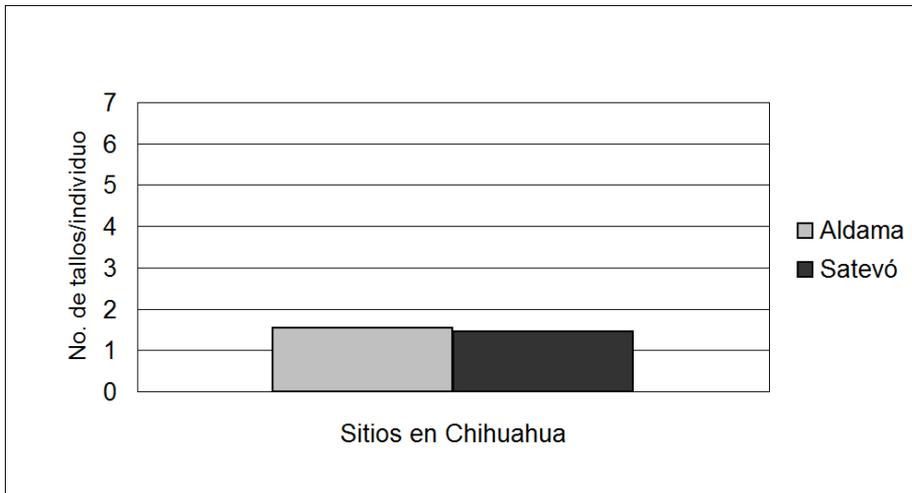


Figura 6.10. Número de tallos por individuo de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Chihuahua, México.

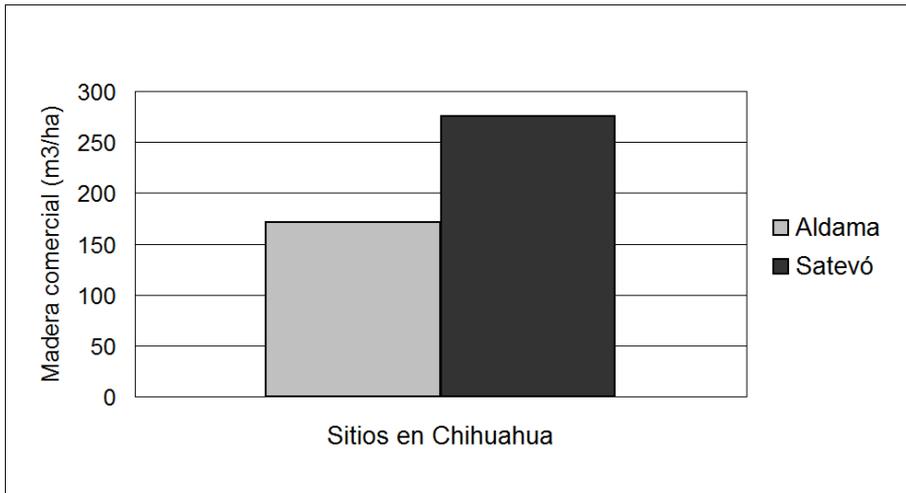


Figura 6.11. Madera comercial de mezquite en m<sup>3</sup>/ha en dos sitios de muestreo en Chihuahua, México.

A pesar de que en el sitio de muestreo de Satevó la densidad de población es menor que en el sitio de Aldama, la altura promedio de los individuos es mayor, esto puede deberse a que en el sitio de Satevó las condiciones climáticas sobre todo de humedad favorecen el desarrollo del mezquite, además de que los suelos presentan visiblemente mayor contenido de materia orgánica.

Cabe resaltar la elevada importancia de la cobertura aérea, cuyo porcentaje es mayor del 80%, esto se debe a la extensión del dosel arbóreo cuyas copas extendidas contribuyen a minimizar la erosión tanto hídrica como eólica en el ecosistema.

### Municipio de San Juan de Guadalupe, Durango

El número de puntos de muestreo fue de 12 y se llevó a cabo en las inmediaciones del Ejido de San Isidro del Rayado. Bordeando al área de muestreo, se encuentran zonas de agricultura de temporal, es común la presencia de bordos para abrevadero, dado que el lugar es un área de pastoreo para ganado vacuno, principalmente. Son terrenos planos donde la pendiente rara vez supera el 10% y hay presencia de áreas sujetas a inundación.

El área se encuentra sometida a programas de plantaciones, ya que se puede ver que recientemente se han plantado individuos de nopal en algunas partes del área. El mezquite se encuentra asociado con especies arbustivas como hojásén (*Flouencia cernua*), gobernadora (*Larrea divaricata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), gatuño (*Leucaena* sp), saladillo (*Atriplex* sp), cardenche (*Cylindropuntia imbricata*), corona de Cristo (*Ephedra* sp) y algunos individuos aislados de huizache (*Acacia farnesiana*). El mezquite en este lugar funciona como planta nodriza de los individuos de *Ferocactus* y *Mammillaria*, además es común la presencia de tasajillo (*Cylindropuntia leptocaulis*). El estrato herbáceo es pobre y se compone principalmente de especies anuales, efímeras y algunos pastos, dentro de las cuales destaca la presencia de la hierba del negro (*Sphaeralcea angustifolia*), chía (*Salvia* sp), epazote de zorrillo (*Chenopodium* sp), además de ojo de chanate (*Sanvitalia procumbens*)

y marrubio (*Marrubium* sp.). Los individuos presentaron fructificación el momento del muestreo (31 de mayo de 2010).

La distancia media entre árboles, es de  $5.77 \text{ m} \pm 1.56 \text{ m}$ , dando como resultado una densidad de población de 402 individuos por ha (Figura 6.12) con una altura promedio de  $3.50 \text{ m.} \pm 0.61$  (Figura 6.13).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $20.22 \text{ m}^2 \pm 7.97$  (Figura 6.14), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.23 \text{ m}^2$  (Figura 6.15). Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, es decir ramificación desde la base, presentando más de dos tallos principales (Figura 6.16).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 54.17%. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $0.33 \text{ m}^3$  (Figura 6.17) que con base a la densidad poblacional estiman un volumen de madera comercial de  $106.89 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

La cobertura aérea de las copas es de 81.30%, lo que resalta el nivel de importancia del mezquite en lo que se refiere a la disminución del impacto de los agentes erosivos sobre el suelo, además de proporcionar refugio a la fauna silvestre.

### **Municipio de Cuencamé, Durango**

Se realizaron muestreos en 12 puntos dentro del Ejido La Lagunilla. El área se encuentra rodeada de terrenos agrícolas y de áreas de pastoreo de ganado vacuno y caprino. Se presentan sitios abiertos con escasa o nula vegetación herbácea, cabe destacar la presencia de fuerte erosión hídrica en forma de cárcavas y de canalillos en éstas áreas. A pesar de que la zona es de pastoreo, se presentan áreas con doseles muy cerrados y de difícil acceso.

Las áreas señaladas en la cartografía del INEGI (Uso de Suelo y Vegetación Serie III) se encuentran bordeadas por matorral micrófilo, este tipo de vegetación se presenta en las áreas pedregosas con pendientes moderadas.

Las áreas cubiertas con mezquite se encuentran sobre los terrenos planos, en las orillas de los cauces temporales pueden desarrollarse individuos de escasa altura.

En general hay poco aprovechamiento del mezquite; la vegetación presente es gobernadora (*Larrea tridentata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), palma samandoca (*Yucca* sp.), palo blanco, *Mimosa* sp., cardenche (*Cylindropuntia imbricata*), corona de Cristo (*Ephedra* sp), saladillo (*Atriplex* sp.) engordacabra (*Dalea* sp.), guayule (*Parthenium argentatum*) y en las zonas susceptibles a inundaciones se pueden encontrar especies herbáceas como la jara de río (*Baccharis salicifolia*) y la chía (*Salvia* sp.), los pastos que pueden encontrarse son de forma amacollada y están pobremente desarrollados debido al pastoreo y corresponden a los géneros de *Bouteloua* y *Heteropogon*, entre otros.

La distancia media entre árboles es de  $4.36 \text{ m} \pm 0.49$ , dando como resultado una densidad de población de 556 individuos por ha (Figura 6.12) con una altura promedio de  $2.92 \text{ m} \pm 0.51$  (Figura 6.13).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $9.83 \text{ m}^2 \pm 3.39$  (Figura 6.14), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.72 \text{ m}^2$  (Figura 6.15). Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, es decir ramificación desde la base, presentando más de dos tallos principales (Figura 6.16).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 33.33%. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $0.15 \text{ m}^3$  (Figura 6.17), que en base a la densidad poblacional dan como resultado un volumen de madera comercial de  $78.01 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

El dosel arbóreo (cobertura aérea) tiene un valor de importancia del 54.65%, es decir, más de la mitad de la superficie del área se encuentra poblada con árboles de mezquite. Es de hacer notar que existen doseles muy cerrados, debido al poco disturbio al que son sometidos y bajo los cuales existen condiciones idóneas para el refugio de fauna silvestre y para el desarrollo de otras plantas, sobre todo cactáceas, que requieren de plantas nodrizas para su desarrollo.

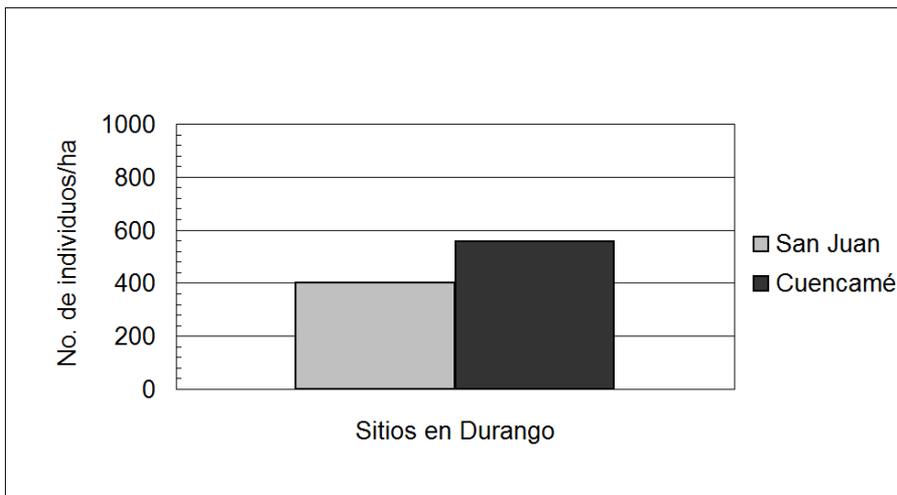


Figura 6.12. Densidad de población en número de individuos por hectárea de mezquite en dos sitios de muestreo en Durango, México.

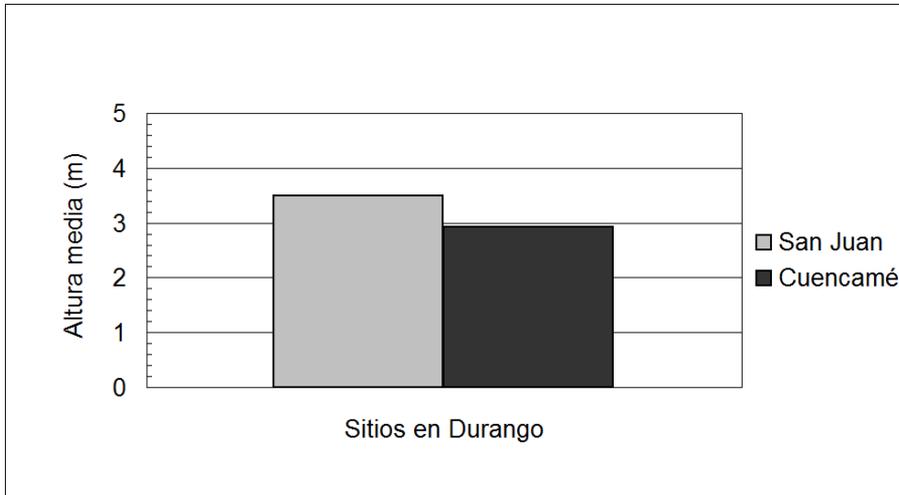


Figura 6.13. Altura media (m) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Durango, México.

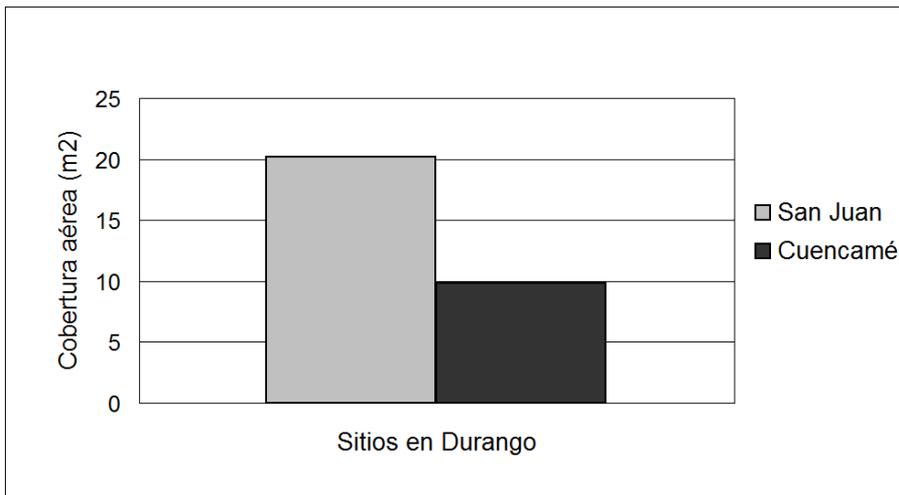


Figura 6.14. Cobertura aérea (m<sup>2</sup>) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Durango, México.

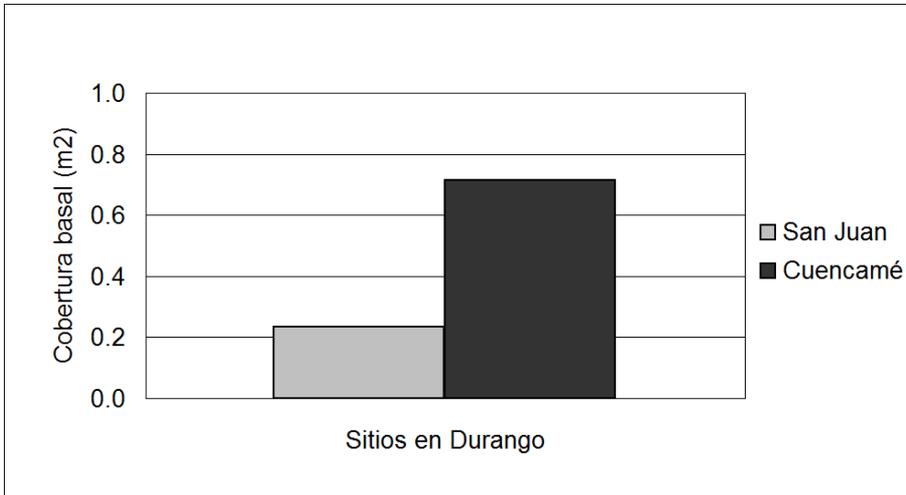


Figura 6.15. Cobertura basal (m<sup>2</sup>) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Durango, México.

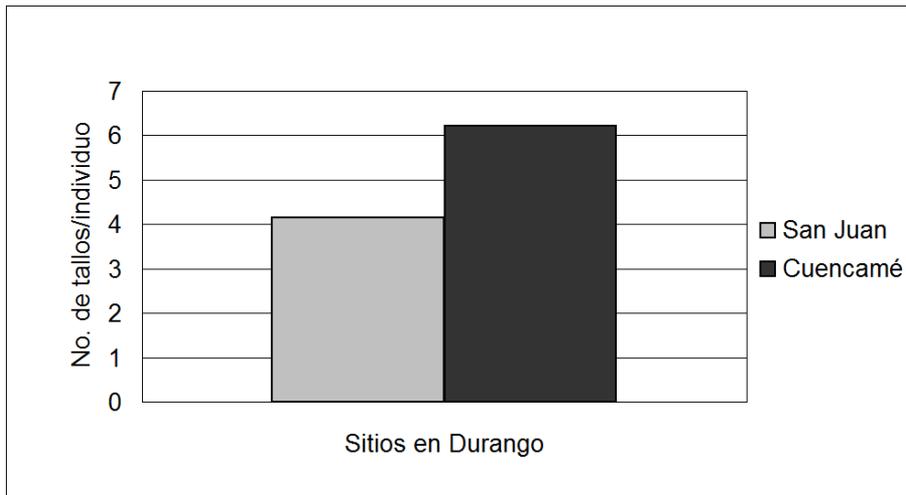


Figura 6.16. Número de tallos por individuo árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Durango, México.

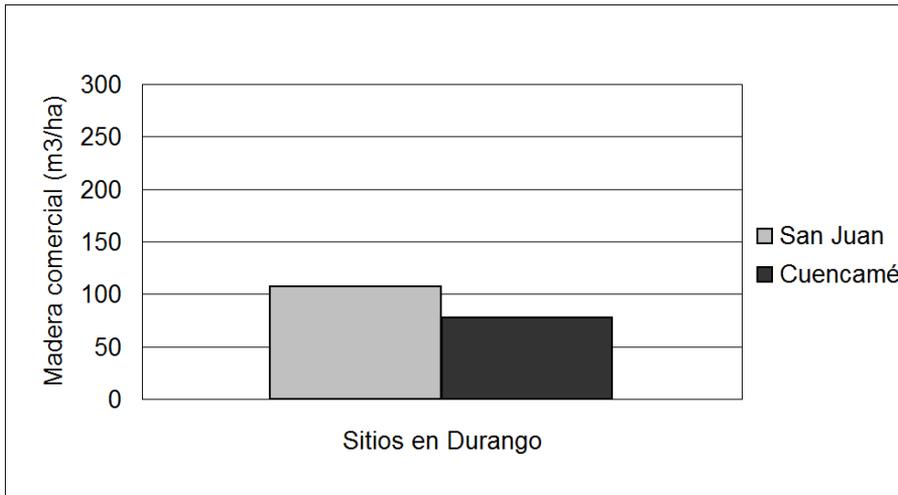


Figura 6.17. Madera comercial de mezquite en m<sup>3</sup>/ha en dos sitios de muestreo en Durango, México.

Se puede apreciar la tendencia de que a mayor densidad de población, la altura tiende a disminuir, esto debido a las condiciones climáticas y biofísicas de cada lugar, ya que al existir condiciones favorables, los individuos tienden a desarrollarse mejor y con ello se presenta mayor competencia entre ellos.

### Municipio de Nieves, Zacatecas

Se ubicaron 16 puntos de muestreo entre los ejidos de El Orán y Santa Rita. El área cubierta con mezquite comprende una llanura con una gran extensión, por lo que los puntos de muestreo se llevaron a cabo en dos lugares de manera aleatoria.

El sitio presenta áreas cercanas a bordos de abrevadero, es decir, es sometido a inundaciones de manera frecuente, y es un área de pastoreo de ganado vacuno principalmente.

Se encuentra bordeado de vegetación de matorral micrófilo en las áreas con alta pedregosidad y suelos someros. Se encuentra asociado con especies como gobernadora (*Larrea tridentata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), hojasén (*Flourensia cernua*), gatuño (*Mimosa* sp.) guajillo (*Leucaena berlandieri*), chaparro prieto (*Acacia* sp) y corona de Cristo (*Ephedra* sp). La familia Cactaceae está bien representada por abundantes individuos de *Cylindropuntia imbricata*, *C. leptocaulis*, *Opuntia robusta* y *O. leucotricha*. En las áreas sujetas a inundaciones, es común encontrar herbáceas anuales como chicalote (*Argemone mexicana*), hierba del negro (*Sphaeralcea angustifolia*), tronador (*Crotalaria* sp.), toloache (*Datura* sp.) y trompillo (*Solanum elaeagnifolium*).

El sitio presenta áreas con aprovechamiento y algunos individuos presentaron fructificación en la fecha de realización del muestreo (29-30 de mayo de 2010).

Se presenta erosión moderada en forma de canalillos y se observan algunas cárcavas de tamaño pequeño, los suelos presentan compactación moderada por el pisoteo del ganado y son por lo general pobres en materia orgánica, debajo de los árboles de mezquite puede encontrarse mantillo proveniente de las hojas.

La distancia media entre árboles es de  $8.60 \text{ m} \pm 2.37$ , dando como resultado una densidad de población de 177 individuos por ha (Figura 6.18) con una altura promedio de  $3.31 \text{ m.} \pm 0.73$  (Figura 6.19).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $20.99 \text{ m}^2 \pm 11.76$  (Figura 6.20), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.64 \text{ m}^2$  (Figura 6.21). Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, presentando sólo el 6.2% de los individuos un solo tallo, presentando el resto más de dos tallos principales (Figura 6.22).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 53.13%. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $1.15 \text{ m}^3$  (Figura 6.23), que en base a la densidad poblacional dan como resultado un volumen de madera comercial de  $213.44 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Los impactos de la erosión observados en el sitio pudieran deberse en parte a que en el área la cobertura aérea por mezquite es de 37.31%.

### **Municipio de Río Grande, Zacatecas**

Se ubicaron 14 sitios de muestreo en el área. Se presenta un área de valle al pie de pequeñas elevaciones cerriles con pendientes suaves que van desde el 5 al 20%; el área es atravesada por una corriente de carácter permanente (arroyo "Las Agujas"), la cual nace de corrientes subterráneas que desembocan en forma de manantiales y dan origen a dicha corriente, por lo que la presencia del manto freático a escasa profundidad confiere a la vegetación características muy particulares.

En las zonas de valle la diversificación de la vegetación es escasa, ya que pueden encontrarse individuos de mezquite chino (*Acacia schaffnerii*) y elementos de *Opuntia*, principalmente *Cylindropuntia imbricata*, *C. leptocaulis*, *Opuntia robusta* y *O. microdasys*, mientras que en las zonas cercanas a la corriente permanente la riqueza florística aumenta considerablemente, de ésta manera, los individuos de mezquite conviven con huizache chino (*Acacia schaffnerii*), álamo (*Populus sp.*), sauce (*Salix bonplandiana*), jara de río (*Baccharis salicifolia*), palo blanco, guajillo (*Leucaena sp.*), uña de gato (*Mimosa sp.*) en el estrato arbóreo, mientras que en el estrato arbustivo son abundantes los individuos de *Cylindropuntia imbricata*, *C. leptocaulis*, *Opuntia robusta*, *O. leucotricha* y *O. streptacantha*.

El estrato herbáceo es muy variado siendo particularmente abundante el tabaquillo (*Nicotiana glauca*), chicalote (*Argemone mexicana*), mancamula (*Solanum rostratum*), toloache (*Datura* sp). Los pastos son poco frecuentes, y se presenta, entre otros *Chloris* sp.

Los suelos son ricos en materia orgánica y se presenta abundante mantillo debido a lo abundante del estrato herbáceo. Los habitantes de la zona se encuentran interesados en establecer un plan de manejo para el mezquite y lograr un aprovechamiento sustentable.

La distancia media entre árboles es de  $5.87 \text{ m} \pm 1.39$ , dando como resultado una densidad de población de 389 individuos por ha (Figura 6.18) con una altura promedio de  $3.92 \text{ m} \pm 1.05$  (Figura 6.19).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $16.10 \text{ m}^2 \pm 9.47$  (Figura 6.20), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.26 \text{ m}^2$  (Figura 6.21). Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, presentando el resto más de dos tallos principales (Figura 6.22).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 50 %. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $0.45 \text{ m}^3$  (Figura 6.23), que en base a la densidad poblacional dan como resultado un volumen de madera comercial de  $112.81 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

La cobertura aérea contribuye en gran manera a que se presenten las condiciones de acumulación de materia orgánica antes descritas, siendo ésta del 62.77%.

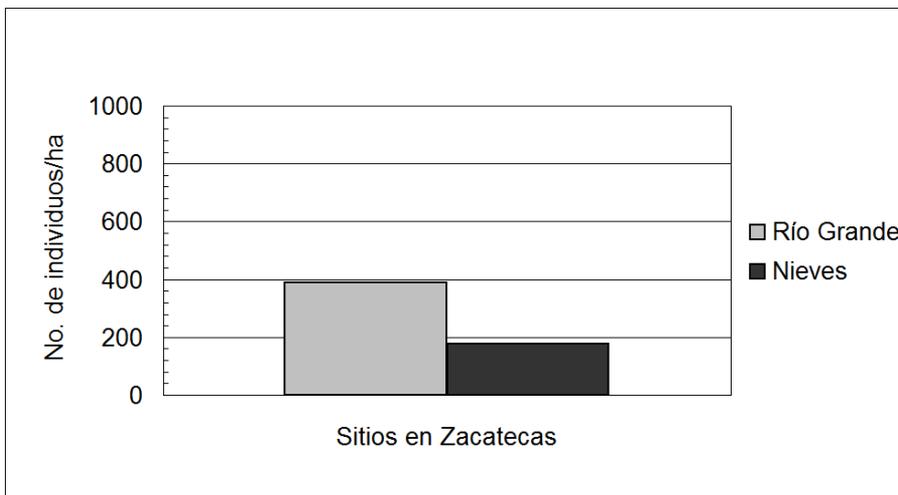


Figura 6.18. Densidad de población en número de individuos por hectárea en dos sitios de muestreo en Zacatecas, México.

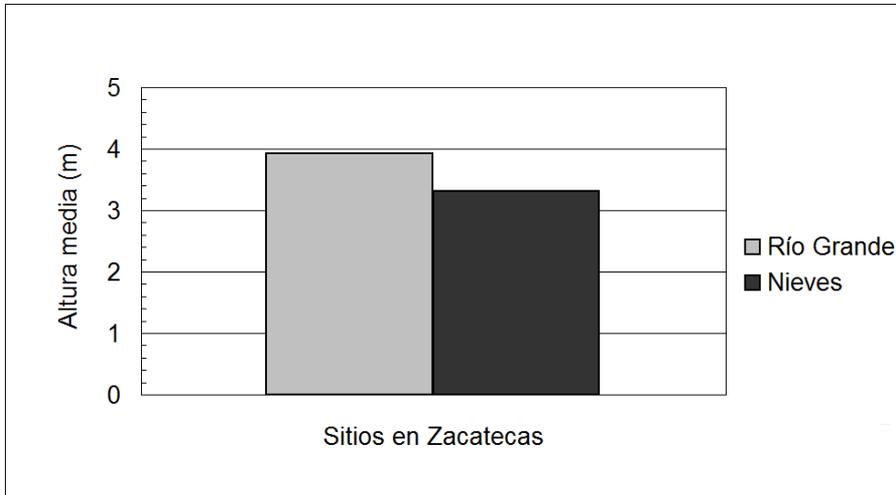


Figura 6.19. Altura media (m) de individuos en dos sitios de muestreo en Zacatecas, México.

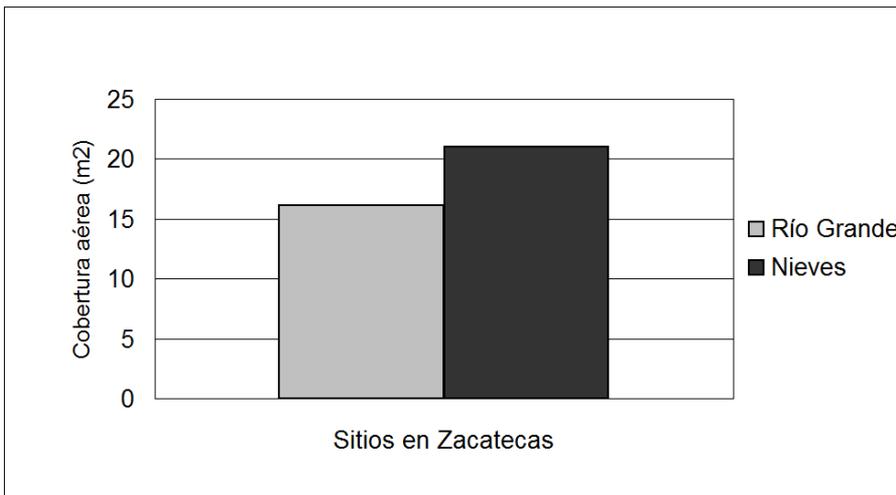


Figura 6.20. Cobertura aérea (m<sup>2</sup>) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Zacatecas, México.

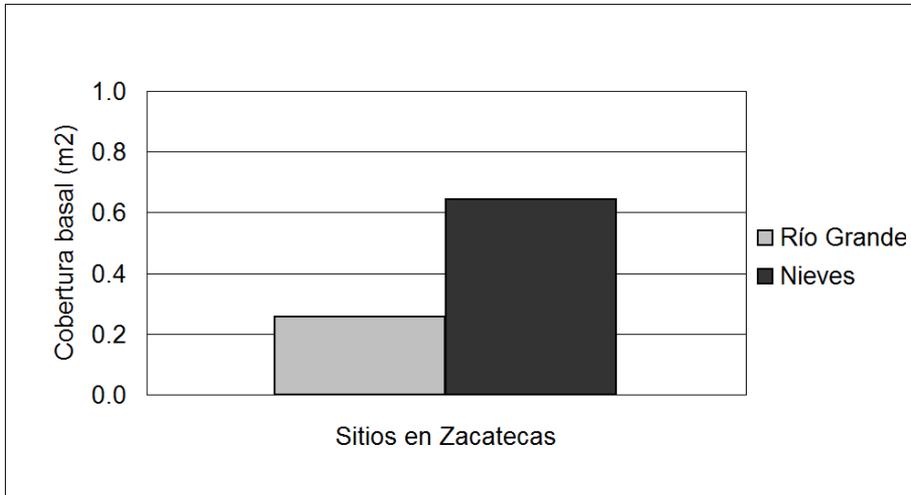


Figura 6.21. Cobertura basal media (m<sup>2</sup>) de individuos en dos sitios de muestreo en Zacatecas, México.



Figura 6.22. Número de tallos por individuo en dos sitios de muestreo en Zacatecas, México.

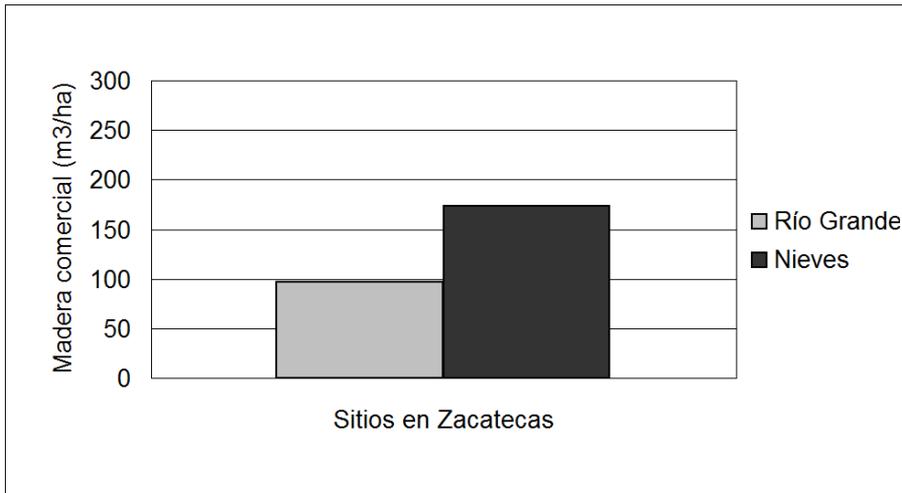


Figura 6.23. Madera comercial de mezquite en m<sup>3</sup>/ha en dos sitios de muestreo en Zacatecas, México.

### Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila

En este sitio se establecieron 44 sitios de muestreo, la particularidad de esta zona es su proximidad al antiguo lecho del río Nazas y su cercanía con dunas arenosas, es un área importante desde el punto de vista económico por el aprovechamiento del mezquite para la elaboración de carbón.

Los terrenos son planos, los suelos son profundos y pobres en materia orgánica, poco compactados y la fisonomía de la vegetación es abierta y raquítica dadas las condiciones del medio biofísico del lugar, es dominante la vegetación de mezquite con muy pocos individuos arbustivos de otras especies. El área además de estar sometida a aprovechamiento se usa para el pastoreo de ganado, principalmente caprino. Por las condiciones del área el mezquite tiende a presentarse en forma arbustiva, ramificado desde la base, encontrando muy pocos individuos que presentan un tronco principal.

Las especies con las que convive el mezquite son principalmente corona de Cristo (*Ephedra* sp.), en las áreas cercanas a las dunas de arena es común encontrar saladillo (*Atriplex* sp.) y gobernadora (*Larrea tridentata*). Pueden verse algunas áreas pequeñas que son susceptibles a inundarse y en las que crecen herbáceas como la hierba del negro (*Sphaeralcea angustifolia*), tabaquillo (*Nicotiana glauca*) y chicalote (*Argemone mexicana*). Los pastos son poco abundantes, destaca la presencia del zacate borreguero (*Erioneuron pulchellum*) que es principalmente el que aprovecha el ganado para alimentarse.

Cabe destacar la importancia ambiental del mezquite para el desarrollo de otras plantas en su función como planta nodriza, ya que algunas especies de *Mammillaria* y de *Opuntia* se encuentran creciendo bajo los arbustos.

Existen áreas en las que se establecieron plantaciones de agave como parte de un proyecto de agroforestería propuesto por una instancia gubernamental.

Aunque las alturas medias en este sitio de muestreo corresponden a las más bajas de todos los sitios (2.48 m), cabe resaltar que la densidad de población es medianamente elevada comparada con otros sitios de muestreo (567 ind/ha, Figura 6.24), debido probablemente al porte y tamaño de los individuos que presentan poca competencia entre sí.

La distancia media entre árboles es de  $6.25 \text{ m} \pm 2.25$ , dando como resultado una densidad de población de 567 individuos por ha (Figura 6.24) con una altura promedio de  $2.48 \text{ m.} \pm 0.46$  (Figura 6.25).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $9.57 \text{ m}^2 \pm 3.81$  (Figura 6.26), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.61 \text{ m}^2$  (Figura 6.27). Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, presentando más de dos tallos principales (Figura 6.28).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 27.84%. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $0.01 \text{ m}^3$  (Figura 6.29), que en base a la densidad poblacional dan como resultado un volumen de madera comercial de  $1.64 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

El sitio presenta cobertura aérea relativamente más baja que en los demás sitios (54.30%), es debido a ello que el suelo se encuentra desprotegido y aunado esto al pastoreo trae como consecuencia que quede desnudo y a merced del impacto de las gotas de lluvia y de los fuertes vientos que se presentan en la región, originando con ello grandes tolvaneras que dañan la salud de los humanos.

## **Municipio de Viesca, Coahuila**

En el sitio se establecieron 22 sitios de muestreo, la importancia de este sitio radica en la explotación del mezquite para la elaboración del carbón. El área es usada, además, para el pastoreo de ganado caprino, principalmente. Son terrenos planos, rodeados de áreas agrícolas y con áreas pequeñas sometidas a inundaciones frecuentes en época de lluvias.

Este sitio se caracteriza por sus suelos profundos, medianamente ricos en materia orgánica, lo que hace que con frecuencia se vean pequeñas áreas con agricultura de temporal nómada. Los individuos de mezquite presentes son de buen tamaño y se presentan en gran densidad. Las condiciones biofísicas presentes permiten el buen desarrollo del arbolado, por lo que existen áreas con doseles muy cerrados y que presentan poco disturbio.

Las especies con las que conviven los árboles de mezquite son en el estrato arbustivo: corona de Cristo (*Ephedra* sp), gobernadora (*Larrea tridentata*), saladillo (*Atriplex* sp), uña de gato (*Mimosa* sp) y hojásén (*Flourensia cernua*). En el estrato herbáceo son abundantes la chía (*Salvia* sp.), hierba

del negro (*Sphaeralcea angustifolia*) y especies de la familia Asteraceae, entre las cuales destacan *Encelia* y *Polyachyrus*, entre otras.

Se presentó fructificación madura al momento del muestreo (7-8 de junio de 2010). Es importante resaltar que el área se encuentra en aprovechamiento y que derivado de esto se incurren en prácticas que están afectando seriamente el área como las actividades en las que se utiliza el fuego de manera indiscriminada con la finalidad de eliminar las ramas laterales para facilitar el derribo. Se encontraron grandes extensiones del mezquital afectadas por incendios recientes.

La distancia media entre árboles es de  $4.24 \text{ m} \pm 1.75$ , dando como resultado una densidad de población de 867 individuos por ha (Figura 6.24) con una altura promedio de  $2.79 \text{ m} \pm 0.38$  (Figura 6.25).

La cobertura aérea de los árboles, o área que cubre la copa en promedio fue de  $8.39 \text{ m}^2 \pm 3.23$  (Figura 6.26), mientras que la cobertura basal o área de la copa que cubre la superficie del suelo en promedio fue de  $0.84 \text{ m}^2$  (Figura 6.27). Los mezquites presentaron forma arbustiva casi en su totalidad, el resto más de dos tallos principales (Figura 6.28).

El porcentaje de individuos de interés comercial es de 35.23 %. Se encontró un volumen de madera comercial por individuo promedio de  $0.05 \text{ m}^3$  (Figura 6.29), que en base a la densidad poblacional dan como resultado un volumen de madera comercial de  $39.71 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

La vegetación de mezquital cubre el 72.74% del área del sitio, representando una gran contribución al evitar la pérdida de suelos por los agentes erosivos.

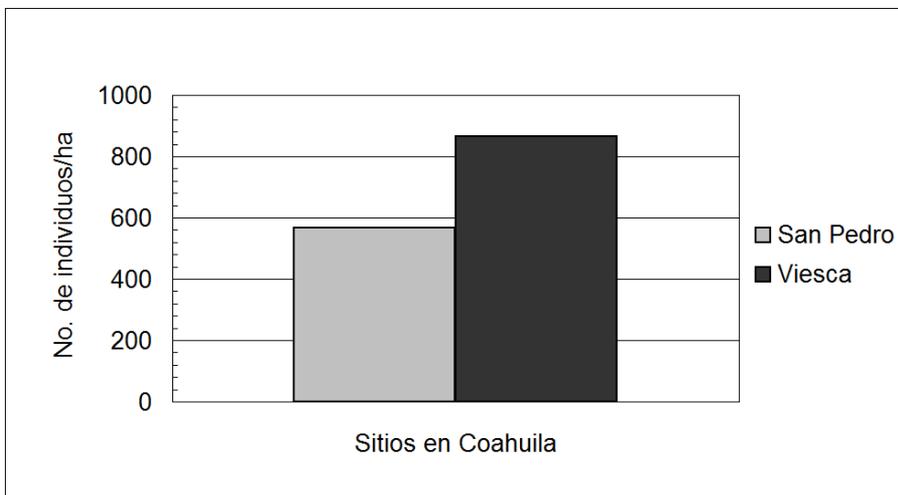


Figura 6.24. Densidad de población en número de individuos por hectárea y altura media de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Coahuila, México.

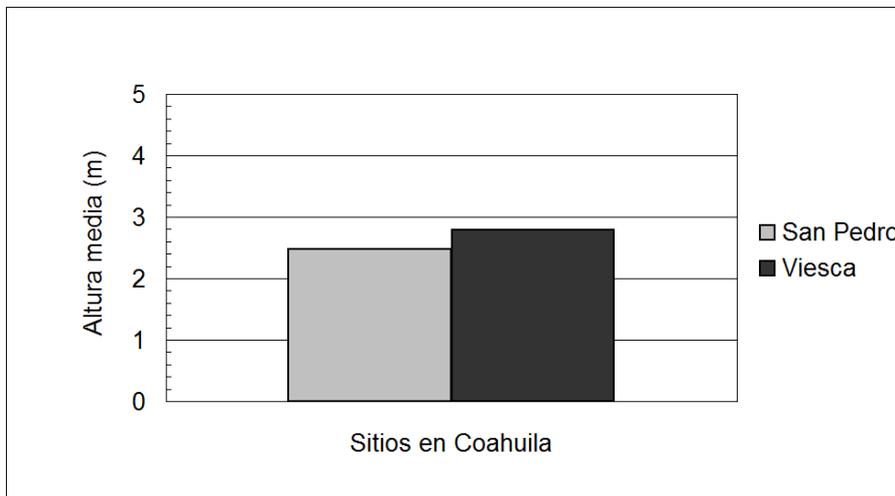


Figura 6.25. Altura media de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Coahuila, México.

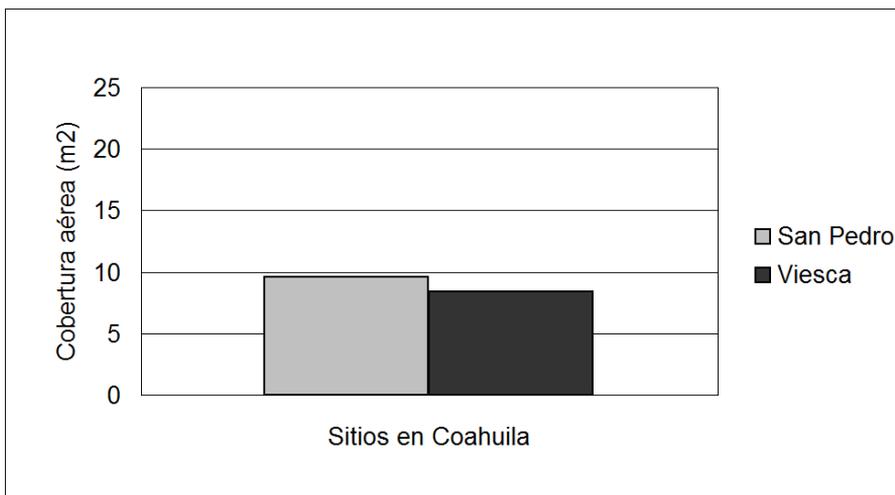


Figura 6.26. Cobertura aérea media (m<sup>2</sup>) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Coahuila, México.

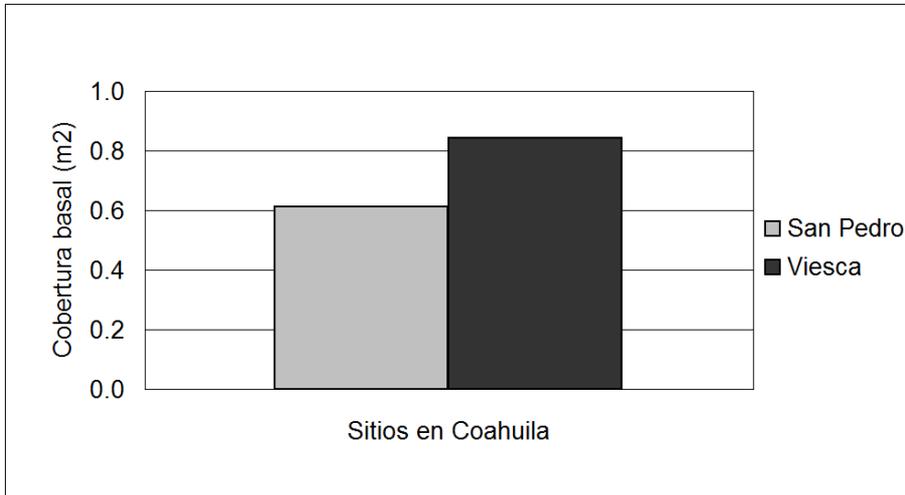


Figura 6.27. Cobertura basal media (m<sup>2</sup>) de árboles de mezquite en dos sitios de muestreo en Coahuila, México.

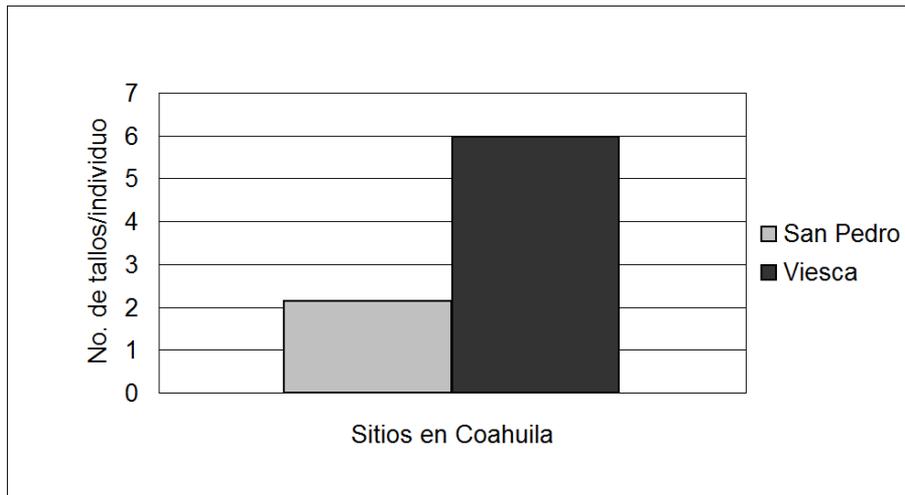


Figura 6.28. Número de tallos promedio por individuo en dos sitios de muestreo en Coahuila, México.

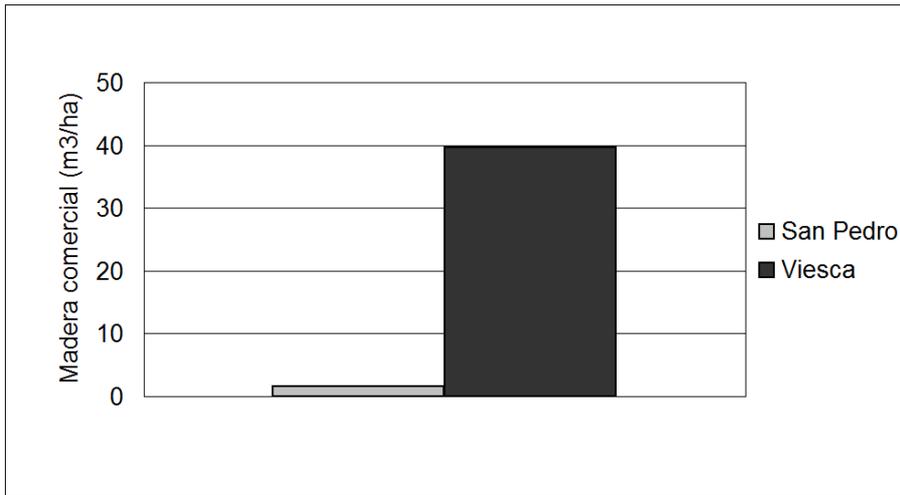


Figura 6.29. Madera comercial de mezquite en m<sup>3</sup>/ha en dos sitios de muestreo en Chihuahua, México.

## DISCUSIÓN

En general, puede apreciarse que las áreas de Coahuila (Viesca y San Pedro de las Colonias), actualmente en aprovechamiento, son las que presentan el porcentaje de individuos de interés comercial más bajo. Las áreas de Aldama, Cuencamé indican porcentajes mínimos de árboles con interés comercial, esto es debido a las condiciones medioambientales presentes en el área, que no permiten que los individuos desarrollen fustes y ramas de interés comercial (Granados *et al.*, 2001; Hobbs y Humphries, 1995). Por otra parte, en los sitios de Satevó, San Juan de Guadalupe, Río Grande y Nieves, las condiciones medioambientales son más favorables, presentando porcentajes más elevados de individuos comercialmente aprovechables (Figura 6.30).

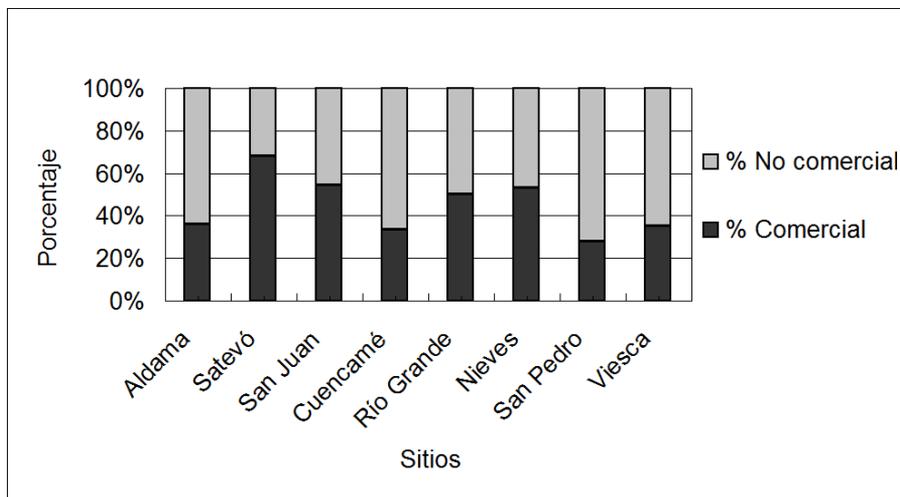
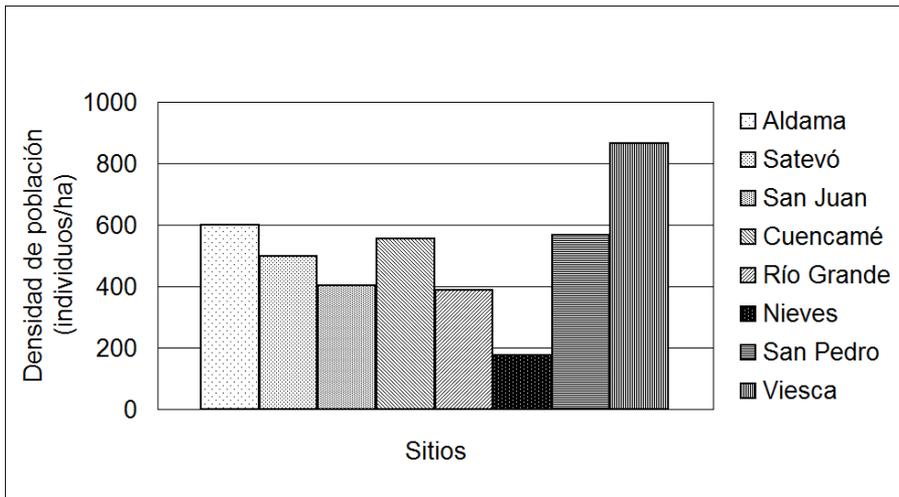


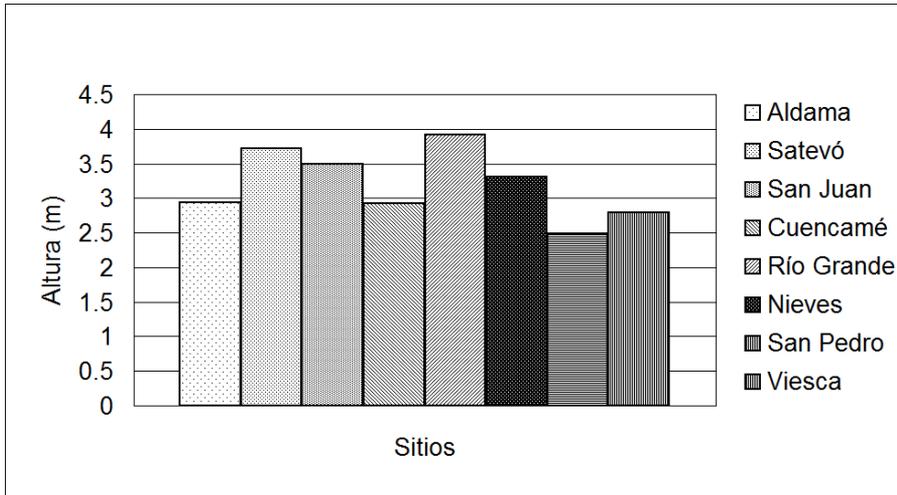
Figura 6.30. Porcentaje de individuos de mezquite con interés comercial en diferentes sitios de muestreo en el norte-centro de México.

En cuanto a densidades de población, en Coahuila, particularmente en el sitio de Viesca es donde se presentan la densidad de población más alta y en los dos sitios de Zacatecas (Nieves y Río Grande) es donde se manifiestan las densidades menores (Figura 6.31). Estas cifras muestran un comportamiento inverso en cuanto a alturas medias, ya que es en los sitios de Zacatecas donde se encuentran alturas medias más altas, teniendo los sitios de Coahuila las alturas medias más bajas. Con esto puede observarse que a mayores densidades de población, los individuos tienden a tener fustes y ramas con mayor altura según Granados *et al.* (2001).



**Figura 6.31. Densidad de población en número de individuos de mezquite por hectárea en diferentes sitios de muestreo en el norte-centro de México.**

Las alturas medias se presentan de manera similar en todos los sitios de muestreo, no excediendo la media los 4 m. siendo los sitios de Coahuila los que tuvieron los valores más bajos, particularmente el sitio de San Pedro de las Colonias (Figura 6.32).



**Figura 6.32. Altura media de árboles de mezquite por hectárea en diferentes sitios de muestreo en el norte-centro de México.**

Los valores de cobertura aérea más altos se encuentran en los sitios de Satevó, Chihuahua, seguido de Nieves, Zacatecas, en estos sitios los árboles presentan copas extendidas con las características propias del mezquite, que tiende a bajar las ramas y formar un dosel cerrado alrededor del tronco (Figura 6.33). Esta característica de crecimiento del mezquite se debe tomar en cuenta en los planes y programas de manejo que se propongan, ya que favorece el cambio de un incendio superficial a un incendio de copa.

Debido a los factores biofísicos de los sitios, en Coahuila es donde se presentan los valores de cobertura aérea más bajos, esto conlleva a que se presente erosión en distintos grados (Valenzuela *et al.*, 2010), como ocurre en los sitios de Aldama, Chihuahua y Cuencamé, Durango.

Si bien es cierto, que los valores de cobertura aérea son bajos en los sitios cuyas características biofísicas no les permiten un buen desarrollo de la parte superior de la copa, las coberturas basales presentan un comportamiento inverso en éstos sitios, presentando mayor cobertura basal (Granados *et al.*, 2001).

La cobertura basal en la forma arbustiva del mezquite es muy importante en lo que se refiere a su papel ecológico (Figura 6.34), debido a que es ahí donde se acumula el mantillo y la materia orgánica que reduce los efectos erosivos y que además sirven como refugio para la fauna silvestre (Gómez, 1996).

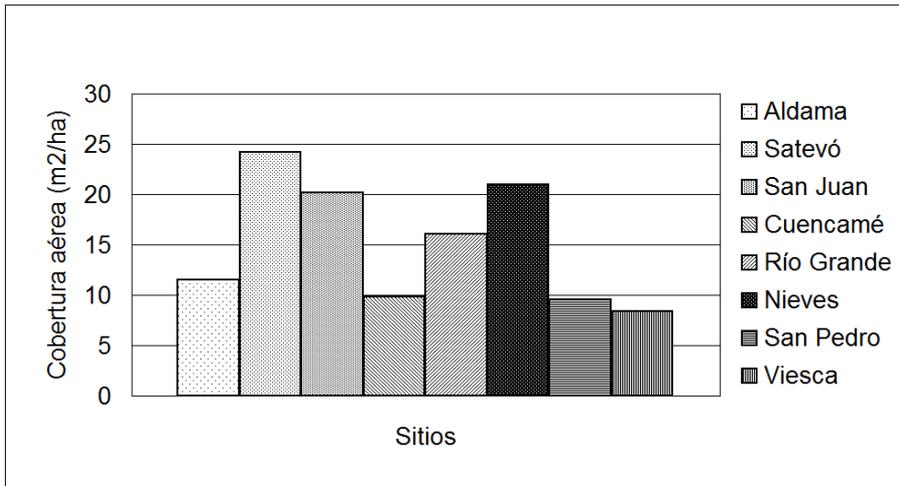


Figura 6.33. Cobertura aérea promedio de árboles de mezquite en diferentes sitios de muestreo en el norte-centro de México.

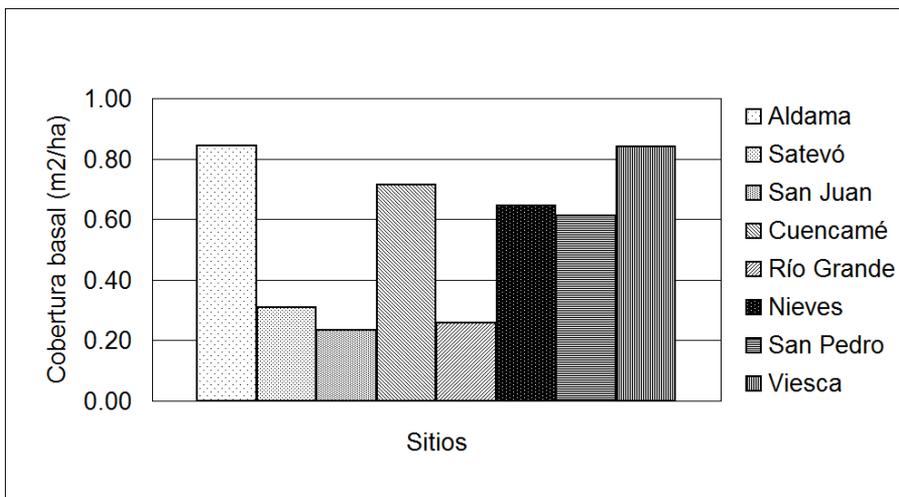
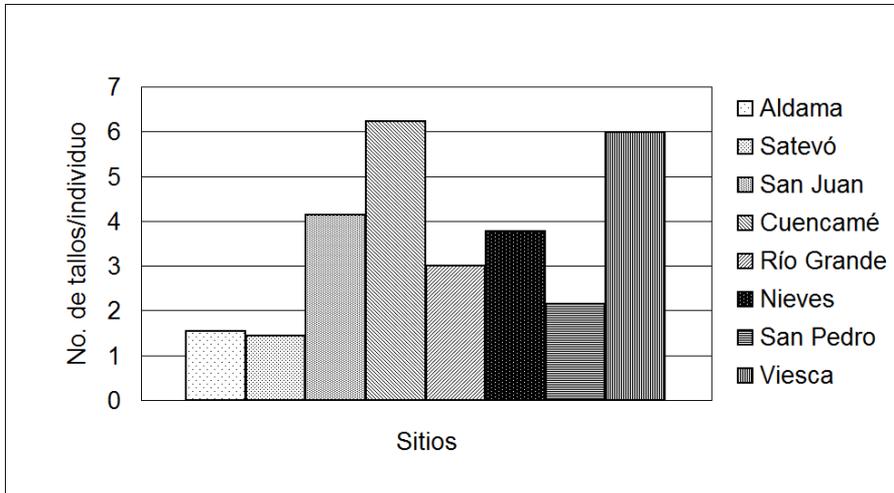


Figura 6.34. Cobertura basal promedio de árboles de mezquite en diferentes sitios de muestreo en el norte-centro de México.

El carácter arbustivo del mezquite se acentúa con las condiciones climáticas adversas, en los sitios de Viesca en Coahuila y Cuencamé en Durango, es donde los individuos tienden a desarrollar tallos múltiples, por lo que muchas veces se dificulta diferenciar dos individuos si estos se encuentran próximos (Figura 6.35).

Normalmente los individuos que fueron sometidos a disturbio o que fueron aprovechados tienden a desarrollar una gran cantidad de tallos (Rodríguez, 1996), sin embargo en los sitios antes mencionados pueden verse árboles robustos y sanos con muchos tallos.



**Figura 6.35. Número promedio de tallos por individuo en diferentes sitios de muestreo en el norte-centro de México.**

Los sitios que presentan el mayor potencial de producción de madera son Satevó Chihuahua, seguido de Aldama, Chihuahua y Río Grande, Zacatecas (Figura 6.36). Cabe destacar los sitios de Coahuila por su bajo potencial para producción de madera, esto se puede deber, en gran medida a la fuerte presión de aprovechamiento a las que actualmente se encuentran sometidas éstas áreas. Además de que el aprovechamiento tradicional utilizado en la zona para la elaboración del carbón no es el óptimo (Villanueva *et al.*, 2004).

Es importante aclarar que es necesario el cálculo del peso específico de la madera de mezquite para las especies encontradas en el área, esto permitirá tener una idea precisa del volumen de carbón que pudiera elaborarse a partir del volumen de madera comercial.

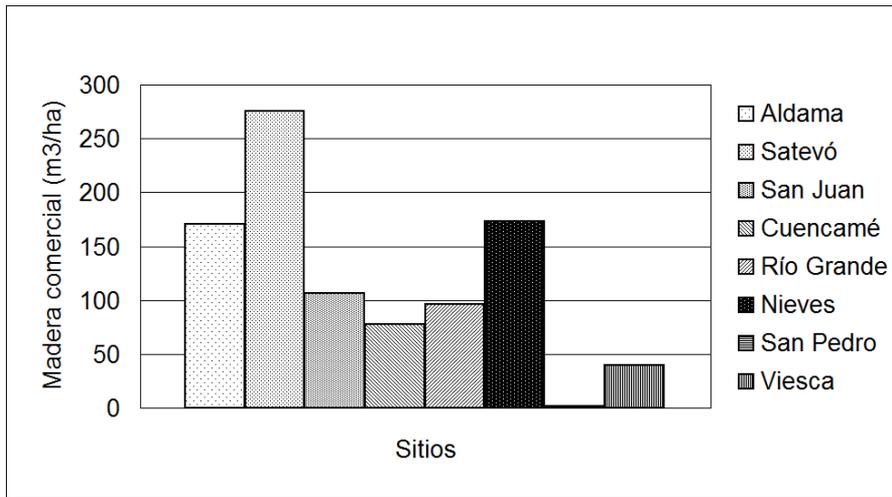


Figura 6.36. Madera comercial promedio (m<sup>3</sup>) de mezquite por hectárea en diferentes sitios de muestreo en el norte-centro de México.

## CONCLUSIONES

El mezquite constituye un recurso con alto valor ambiental y comercial para las poblaciones rurales del norte-centro de México, siendo en la actualidad un recurso que no es valorado, debido a la escasa información existente, que conlleve a la formulación de planes de manejo para su explotación sustentable.

En las áreas donde se realiza el aprovechamiento de la madera de mezquite en forma de carbón, no se cuenta en la actualidad con alternativas de aprovechamiento que favorezca la conservación del recurso, esto se ve en la escasa disponibilidad de individuos comerciales en el municipio de San Pedro de las Colonias en el estado de Coahuila.

Se hace necesaria la implementación de una administración eficiente y funcional que conlleven a un aprovechamiento sustentable del mezquite no solo en el norte-centro de México, sino en las demás regiones áridas y semiáridas con la finalidad de encontrar otros usos para las áreas cubiertas con mezquite, como son el desarrollo de centros de recreación ecoturísticos, el aprovechamiento de la goma, que puede ser usada en las bebidas como sustituto de la goma arábica y para la elaboración de artesanías, con lo cual se aumenta el valor comercial de la madera.

## LITERATURA CITADA

- Antezana, C., Atahuachi, M., Arrázola, S., Fernandez, E. y Navarro, G. 2000. Ecología y biogeografía del género *Prosopis* (*Mimosaceae*) en Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología* 8: pp 25 - 36
- Argüeyes, A. y Montoya, R.A., R. 1991. Explotación del mezquite en San Luis Potosí, una perspectiva histórica. *Archivo Histórico de San Luis Potosí*. S. L. P. 88 p.

- Bern, Ch., R. Brozka, W. Doe, M. Easter, D. Jones, G. Senseman and W. Sprouse. 1999. *Ecological monitoring on army lands*. Land condition trend analysis II. Technical Reference Manual. CEMML – Colorado State University. SA. 681 p.
- Bonham, D.Ch. 1989. *Measurements for terrestrial vegetation*. John Wiley & Sons. USA. 338 p.
- Born, D.J. and D.C. Chojnacky. 1985. *Woodland tree volume estimation: A visual segmentation technique*. Research Paper INT-344. USDA - Forest Service. USA. 16 p.
- Camou G., A. 2007. La leña: el recurso olvidado. Una experiencia de participación social y cambio tecnológico en dos microregiones de la Sierra Tarahumara. Consultoría Técnica Comunitaria A. C. Chihuahua, Chih. México. Fecha de acceso: 22 de octubre de 2011. Disponible en: <http://www.kwira.org/blog/librolena.pdf>
- Cavazos, D. R. 1997. Uso múltiple de los matorrales en el norte de México. *Ciencia Forestal en México* 22(81): pp. 3-26.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para la Biodiversidad-Instituto de Biología UNAM. Agrupación Sierra Madre. México, D. F. 847 p.
- Comisión Nacional Forestal. 1996. Reserva Nacional de Malleco. Plan de Ordenación. Documento Seminario. Chile. 54 p.
- Comisión Nacional de Zonas Áridas e Instituto Nacional de Ecología (CONAZA e INE. 2000. Mezquite (*Prosopis spp.*) cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Folleto. [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx). México. D. F. Consulta en línea el 25 de mayo de 2010. 31 p.
- Durso, D. F., T. J. Allen and B. J. Ragsdale. 1973. *Possibilities for commercial utilization of mesquite*. In: J. E. Miller (Editor) *Mezquite Growth, Development and Management*. Texas A&M University. E. U. 148 p.
- Flores M., J. C. y Ortega R., S. A. 2004. Transformación de la leña de mezquite a carbón, mediante la utilización de horno metálico topo. INIFAP. SAGARPA-INIFAP-Centro De Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental La Laguna. Folleto Técnico No. 11. Matamoros, Coahuila, México. 18 p.
- Franco L., J. G. de la Cruz A. A. Cruz G., A. Rocha R. N. Navarrete S., G. Flores M., E. Kato M., S. Sánchez C., L. G. Abarca A. y C. M. Bedia S. 1995. Manual de ecología. 2ª ed. 3ª reimpresión. Ed. Trillas. México. 266 p.
- Galindo, A. S. y E. García-Moya. 1986. *Usos del mezquite (Prosopis sp.) en el Altiplano Potosino*. *Agrociencia* 63: pp. 7-15.

- Golubov, J., M. C. Mandujano y L. E. Eguiarte. 2001. *The paradox of mesquites (Prosopis spp.): invading species or biodiversity enhancers?* Bol. Soc. Bot. (México) 69: pp. 23-30.
- Gómez L., F. 1996. Apuntes del Curso de Vegetación Nativa de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo. 168 p.
- Granados, S. D, G. F. López R. y J. L. Gama F. 2001. Interacciones ecológicas de las plantas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 227 p.
- Hobbs, R. J. and Humphries, S.E. 1995. *An integrated approach to the ecology and management of plant invasions*. Conservation Biology 9: pp. 761-70
- Martínez R., O., J. Rivera M. and E. Santamaría C. 2000. Evaluación de 25 tratamientos pregerminativos en semillas de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton) en área de influencia de la URUZA. Revista Chapingo Serie Zonas Aridas. Vol. 1. No. 2. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 93-99.
- Meza S. R. y E. Osuna L. 2003. Estudio Dasométrico del Mezquite en la Zona de Las Pocitas, B. C. S. INIFAP, Campo Experimental Todos Santos. México. 56 p.
- Niembro, R. A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Editorial LIMUSA. México, D. F. 206 p.
- Orofino, A., Ramos Castilla, M., Giannoni, S. y Campos, C. 2004. Condiciones de las semillas de *Prosopis flexuosa* (Fabaceae) encontradas en los cúmulos de los roedores sigmodontinos del Monte. II Reunión Binacional de Ecología y XXI Reunión Argentina de Ecología. Mendoza, Argentina.
- Rodríguez T., D. A. 1996. Incendios Forestales. Universidad Autónoma Chapingo – Editorial Mundi Prensa. México, D. F. 630 p.
- Romahn de la V., C.F., H. Ramírez M. y J. L. Treviño G. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 354 p.
- Signoret, P. J. 1970. Datos sobre características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata*). In: Gómez, L. F., Signoret, P. J. y C. Abuin M. Mezquites y Huizaches Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México. 71 p.
- Silbert, M. S. 1988. *Mesquite pod utilization for livestock feed: An economic development alternative in Central Mexico*. M. S. Thesis. School of Renewable Natural Resources. The University of Arizona. Tucson, Arizona. 244 p.
- Toledo, V. M., J. Carabias, C. Toledo y González Pacheco. 1989. La producción rural en México: Alternativas ecológicas. UNAM / Fundación Universo Veintiuno, México. 392 p.
- Valenzuela N., L. M., Trucíos C., R., Muñoz, V., J.A., González B., J. L., Terrones R., R. 2010. Dinámica y aprovechamiento de los recursos forestales en el área común Sierra de

- Lobos – León, Guanajuato. *In: Manejo sustentable de los recursos naturales: Sierra de Lobos, León, Guanajuato*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico No. 6. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Dgo. 202 p.
- Vázquez A., R. 1986. *Inventario de vegetación*. *In: J. G. Medina T. y L. A. Natividad B. (comp.). Metodología de planeación integral de los recursos naturales. Serie Recursos Naturales*. No. 3. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. pp. 85 – 100.
- Velázquez, A., J. F. Mas, R. Mayorga, J. L. Palacio, G. Bocco, G. Gómez-Rodríguez, L. Luna, I. Trejo, J. López-García, M. Palma, A. Peralta, J. Prado-Molina y F. González-Medrano. 2001. *El Inventario Forestal Nacional 2000*. Ciencias 64: pp. 12-19.
- Villanueva, D. J., R. Jasso I., G. González C., I. Sanchez, C., C. Potisek, T., 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera. Alternativa de producción integral para ecosistemas desérticos. Folleto Científico No. 14. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango. 35 p.

# CAPÍTULO VII

## DIAGNÓSTICO Y TÉCNICAS DE REFORESTACIÓN



Julio César Ríos Saucedo

Ramón Trucíos Caciano

Rigoberto Rosales Serna

Jesús Martín Ibarra Flores

Luis Manuel Valenzuela Núñez



## INTRODUCCIÓN

En México, las reforestaciones son realizadas principalmente con especies exóticas como *Eucalyptus* spp., *Casuarina* spp. y *Pinus radiata*. Estas especies contribuyen de manera limitada en el mejoramiento del ambiente y poseen escaso valor económico para los habitantes de las comunidades rurales. El uso de especies exóticas es ocasionado por el desconocimiento de la biología e importancia ecológica de especies nativas, las cuales muestran propagación masiva y establecimiento exitoso. Por otra parte, es necesario resaltar la inercia que existe en las dependencias encargadas de las reforestaciones, para continuar con el uso del paquete de especies exóticas, dado que su propagación es ampliamente conocida por los técnicos forestales. Además, éstos últimos muestran poco interés para buscar especies útiles en la reforestación (Wightman y Cruz, 2003).

El mezquite [*P. laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd) M. C. Johnston] es una planta arbustiva-arbórea prominente de las zonas áridas y semiáridas de la región norte-centro de México, donde se determinó la existencia de 262,193 hectáreas vegetadas actualmente por esta especie (Valenzuela *et al.*, 2010). También se determinó que la superficie vegetada por mezquite ha sufrido un decremento en la región, debido a la deforestación realizada para ampliar el área de pastizal y el alto aprovechamiento que existe para la obtención de leña, madera, producción de postes y uso como materia prima para elaboración de carbón (Villanueva *et al.*, 2004; Trucíos *et al.*, 2010).

La especie *P. laevigata* de mezquite representa una opción viable para incrementar la eficiencia en la producción de planta en vivero; así como en el aumento del porcentaje de sobrevivencia en campo. Para la reforestación de áreas naturales y establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite, se requiere identificar procesos para la obtención de semilla de calidad, producción de planta vigorosa (Corona *et al.*, 2000; Osuna y Meza, 2003) y la identificación de sistemas de manejo adecuados para incrementar la sobrevivencia y crecimiento durante el periodo posterior al trasplante. Se considera que el crecimiento inicial después del trasplante está relacionado con el balance de la raíz/parte aérea y masa radical de la planta y además influye la cantidad de humedad disponible en el suelo y el control eficiente de los depredadores (Rodríguez y Vázquez-Yañez, 1992). Por ello, se considera que la cantidad de raíces producidas por las plántulas de mezquite, durante el periodo de crecimiento en vivero, es un factor importante de sobrevivencia y crecimiento inicial después del trasplante en campo.

Se ha establecido que el tipo de contenedor utilizado en la producción de plántulas de mezquite influye en la altura, diámetro y cantidad de raíces observada durante el trasplante (Ríos *et al.*, 2011). Además, influye el sustrato y el origen de la semilla utilizada para la producción de planta en condiciones de vivero (Ríos *et al.*, 2010). Con base en lo anterior, se han generado tecnologías que tienen posibilidades para incrementar la eficiencia en la producción de plantas de mayor tamaño en vivero, en un periodo menor de tiempo y con ello, es posible el mejoramiento de la sobrevivencia en campo.

## ANTECEDENTES

En México, durante los últimos 60 años se ha perdido cerca del 50% de la superficie arbolada, lo cual representa cerca de 44.2 millones de hectáreas (Arriaga, 2000). Lo anterior, se ha generado debido a la presión ejercida por la población humana que alcanza casi 113 millones de personas, quienes utilizan de diferentes formas los recursos naturales disponibles en su entorno. Se considera necesario reforestar 600 mil hectáreas anualmente para recuperar las pérdidas en la cobertura vegetal (Aldama, 2000). Desde hace 15 años se ha invertido una gran cantidad de recursos y esfuerzo en reforestaciones, mediante el apoyo del sector público y privado.

Entre los programas públicos de reforestación más importantes se puede mencionar el Programa Nacional de Reforestaciones (PRONARE), que desde 1998 se incorporó a la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). En el periodo 1999-2000, se contó con la participación de 774 viveros en el PRONARE (Aldama, 2000). Entre los principales participantes se tuvo a la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), gobiernos estatales, SEMARNAP, organizaciones sociales (ejidos y comunidades) y otros organismos, como municipios y universidades (Cuadro 7.1). Se considera que entre 1995 y 1998, la superficie reforestada aumentó casi 500% con un promedio anual de 78,500 hectáreas (SEMARNAP, 2000). La cifra de reforestación carece de cuantificación precisa debido a que las estimaciones se basaron en el número de plantas producidas y faltó control de campo (Wightman y Cruz, 2003).

**Cuadro 7.1. Infraestructura de viveros y participación de la reforestación en el periodo 1999-2000, a nivel nacional.**

Dependencia	Número de viveros	Potencial de producción (millones de plantas)*	Porcentaje de plantaciones por dependencia
SEMARNAP	129	134	19%
SEDENA	45	147	27%
Gobiernos estatales	122	214	29%
Organizaciones Sociales	221	34	14%
Otros	142	31	11%
TOTAL	659	560	100%

\*Se considera que la producción real de planta es del 50 %. Fuente: Aldama, 2000.

En 1998, se inició el programa de evaluación de las áreas reforestadas auspiciado por el Sistema Nacional de Evaluación de la Forestación y Reforestación (SINEFOR). Se obtuvo información basada en métodos estandarizados que se aplicaron en áreas reforestadas y en los cuales se incluyó todo tipo de plantación y se evaluó la finalidad como conservación, producción y otras variables (Bello y Tovar, 2000). Se encontró que 51% de las plantaciones tuvieron supervivencia de 60%, mientras que el promedio fue de 44%. El análisis entre dependencias muestra variación considerable en las cifras

de sobrevivencia, de esta forma la SEDENA tiene 17% de éxito en las plantaciones que realiza, a pesar que es la dependencia que produce la mayor cantidad de plantas en viveros y establece la cuarta parte de las plantaciones a nivel nacional. Las áreas plantadas por organizaciones sociales lograron la mayor tasa de sobrevivencia con 57%

Existen diferentes factores ambientales que influyen en la sobrevivencia de las plantas forestales, recién establecidas en condiciones de campo. En ecosistemas semiáridos una de las causas más importantes en la reducción del porcentaje de sobrevivencia es el estrés hídrico, conocido como sequía (3 %). Otro aspecto fundamental en la reducción de la sobrevivencia en campo es la mala calidad de la planta (22%). En Durango, se estableció que las causas principales de la escasa sobrevivencia del mezquite en condiciones de campo es la reducida altura de la planta, lo cual incrementa los efectos negativos de otros factores bióticos y abióticos (Ríos *et al.*, 2011). Con base a lo anterior, es posible establecer que la reforestación es una actividad que requiere atención especial en cuanto al mejoramiento de la calidad y manejo de las plántulas en vivero (Mexal, 1996; Wightman y Cruz, 2003); así como para el establecimiento y cuidado al momento del trasplante en campo.

### **Diagnóstico de las reforestaciones de mezquite**

El mezquite es una especie adaptada a las condiciones climáticas y edáficas observadas en amplias zonas semidesérticas del estado de Durango, donde cumple con una importante función ecológica, social y económica. La amplitud de las áreas vegetadas por mezquite y la versatilidad adaptativa que muestra esta especie en los diferentes sistemas ecológicos, permite su consideración en programas de reforestación encaminados a revertir el daño ambiental ocasionado por las actividades humanas. El establecimiento de programas de reforestación y la implementación de sistemas de manejo en plantaciones naturales y comerciales permitirá la recuperación de las áreas de mezquital y con ello se contribuirá a la conservación del ambiente (CONAZA-INE, 1994).

En Durango, las áreas con mayor superficie de mezquital y por ende, las que muestran mayor potencial para el establecimiento exitoso de plantaciones comerciales son los municipios de Hidalgo, Simón Bolívar y San Juan de Guadalupe. La especie con mayor potencial para su plantación en Durango es *Prosopis laevigata*, la cual es la especie más ampliamente distribuida en la entidad (Valenzuela *et al.*, 2011). Esta especie, muestra adaptaciones morfológicas (arbustiforme y arbórea) que le permiten crecer y desarrollarse en diferentes ambientes, que van desde el desértico hasta el templado con lluvias superiores a 400 mm. El establecimiento de programas de reforestación y la implementación de sistemas de manejo en plantaciones naturales y comerciales permitirá la recuperación de las áreas de mezquital y con ello se contribuirá a la conservación del medio ambiente.

En 2010, se programaron para Durango 7,033 hectáreas con fines de reforestación; mientras que en 2010 la superficie se redujo a 6,500 ha (CONAFOR, 2010). De la superficie programada, se plantaron con mezquite únicamente 1,082 ha en 2009 y 995 ha en 2010. Los municipios incluidos

en la reforestación fueron Nombre de Dios, Cuencamé, Lerdo, Pánuco de Coronado, Tlahualilo, Durango y Mapimí. Se observó que los municipios con mayor potencial adaptativo para el mezquite fueron menos favorecidos por los programas de reforestación. Otro aspecto digno de mencionar, es la utilización de semilla de mezquite adquirida en otras entidades de México y el desconocimiento de la especie, adaptación y los problemas fitosanitarios que pueden ser provocados por el uso de especies introducidas.

### **Indicadores técnicos para el diagnóstico de las reforestaciones**

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) cuenta con lineamientos técnicos para la evaluación de las reforestaciones, misma que es realizada por personal externo. En dichos lineamientos se recomienda establecer de manera inicial la proporción que representa la superficie reforestada, en relación con la superficie total vegetada por la especie en evaluación. Es necesario considerar también que la superficie con cubierta forestal debe contar con un mínimo de 300 árboles por hectárea. Esto se determina con base en la superficie plantada y verificada en campo, con lo cual se establece la densidad real de la superficie que se reforestó previamente (CONAFOR, 2008). Con base en lo anterior, las dos actividades principales por realizar al inicio de la evaluación de áreas reforestadas son las siguientes:

- i. Determinación de la superficie reforestada en hectáreas.
- ii. Cálculo de la proporción de la superficie reforestada en relación con la superficie total.

Además, se deben evaluar y analizar cada una de las etapas del ciclo de reforestación y registrar las distintas modalidades de la procedencia del material usado en esta actividad. Las procedencias del material vegetal usado en la reforestación puede ser planta de vivero, obtenida con propagación vegetativa y la siembra directa de semillas. Las actividades principales, que deben incluirse en el registro de la evaluación de áreas reforestadas son:

- Recolección de germoplasma
- Producción de planta de calidad
- Preparación del terreno
- Transporte de planta
- Plantación
- Mantenimiento y protección
- Seguimiento

Otras actividades relacionadas con la reforestación que deben considerar los evaluadores son:

- a. Establecer el porcentaje de aplicación de los procedimientos técnicos que recomienda la CONAFOR para los sistemas de producción de planta de calidad.
- b. Registrar el grado en el que se fomentó la generación de unidades productoras de germoplasma.
- c. Mencionar la magnitud del fortalecimiento del uso de semilla certificada en la producción de planta para acciones de forestación y reforestación.
- d. Seleccionar el propósito de la reforestación (producción, restauración, protección, conservación y moderación).
- e. Evaluar la asistencia técnica proporcionada a los dueños de los predios y el grado de influencia de ésta en las actividades realizadas durante la producción de planta y acciones de reforestación.
- f. Seleccionar las especies vegetales con posibilidades de ser utilizadas en la reforestación y pertinencia de su uso, con base en las características ambientales predominantes en la región.

### **Supervivencia con relación al padrón**

La supervivencia con relación en el padrón se calcula con base en las plantas vivas registradas en un predio reforestado, en relación con la cantidad de individuos que salieron del vivero. Representa el porcentaje de individuos que lograron sobrevivir después del trasplante y puede evaluarse en diferentes periodos de tiempo, con base en los criterios establecidos por las instituciones y el dueño del predio. La ecuación para calcular el índice de supervivencia con base en el padrón es:

$$\text{Supervivencia con relación al padrón} = (\text{plantas vivas}) / (\text{plantas vivas} + \text{plantas muertas})$$

En el caso de la supervivencia en campo se usa la ecuación:

$$\text{Supervivencia en campo} = \text{plantas vivas} / (\text{plantas vivas} + \text{plantas muertas})$$

El número de plantas vivas se obtiene a partir de muestreos realizados en el interior de la reforestación, los cuales se utilizan para estimar el valor a nivel de toda la superficie reforestada.

### **Método de muestreo al interior de la reforestación**

Es necesario seleccionar un método de muestreo que facilite la evaluación y esto se realiza con base en las características del predio que recibió apoyo para la modalidad de reforestación. Los predios reforestados se clasifican en tres grupos, de acuerdo con el arreglo de la plantación, y pueden ser: Reforestaciones compactas, lineales y compactas con líneas bien definidas (CONAFOR, 2008). El muestreo circular es el más utilizado en la evaluación de la supervivencia de plantas en predios reforestados y el número de sitios varía con base en el número de plantas utilizadas, densidad de

plantación (número de árboles en  $10 \text{ m}^2$ ) y la superficie utilizada en la reforestación. Se recomienda utilizar sitios circulares de  $100 \text{ m}^2$  ( $r= 5.64 \text{ m}$ ) en el levantamiento de la información de campo para la supervivencia, vigor y estado sanitario de predios reforestados (Figura 7.1).

### Reforestaciones compactas

Para el levantamiento de la información de campo sobre supervivencia, vigor y estado sanitario se utilizan sitios circulares de  $100 \text{ m}^2$  ( $r= 5.64 \text{ m}$ ) (Figura 7.1).

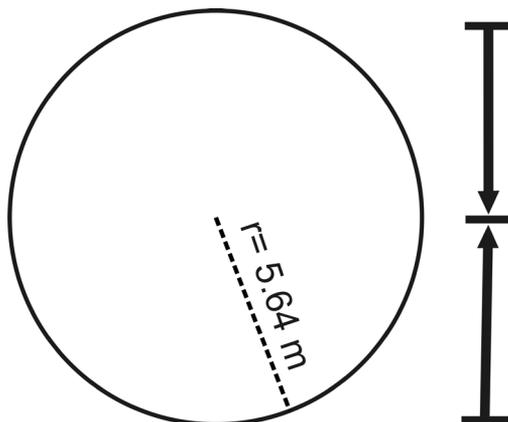


Figura 7.1. Ilustración de sitio circular de muestreo de  $100 \text{ m}^2$  utilizado en la evaluación de sitios reforestados. CONAFOR, 2008.

### Número de sitios de muestreo

Se han establecido sistemas prácticos para determinar el número de sitios de muestreo requeridos para la evaluación apropiada de sitios reforestados. Uno de estos sistemas de muestreo se estableció con base en el número de plantas y espaciamiento entre individuos utilizado en la reforestación (Cuadro 7.2). Para calcular el número de plantas apropiado en cada muestreo (Columna 2, Cuadro 7.2) se utilizó el método de proporciones de varianza máxima (FAO), considerando una confiabilidad de 90 %, precisión de 93 % (es decir,  $d = 0.07$ ) y una varianza de 0.20 (CONAFOR, 2008). Por ejemplo, en el caso de predios reforestados con un número de plantas entre 6,001 y 8,000 se obtiene en la segunda columna el número apropiado del tamaño de la muestra (109 árboles) y se selecciona en la parte superior el número de plantas por hectárea, lo cual debe corresponder con la distancia entre ellas. Como resultado del ejercicio se obtiene, que para un predio en el que se utilizó una densidad de 1,100 plantas por hectárea, establecido con una distancia entre individuos de  $3 \times 3 \text{ m}$ , el número adecuado de puntos de muestreo es igual a 10.

En el caso de reforestaciones realizadas con un número inferior a 1,000 plantas y densidades diferentes a las mostradas en el Cuadro 7.2, se hace conteo total (CONAFOR, 2008). El tipo de muestreo realizado en las reforestaciones lineales incluye líneas de 25 m en predios reforestados

con distancias entre plantas de 2.5 m. En el caso de áreas reforestadas con espaciamentos mayores a 2.5 m entre plantas es recomendable utilizar líneas de 50 m.

**Cuadro 7.2. Número de sitios de muestreo a levantar, para diferentes densidades de reforestación.**

No. de Plantas en la reforestación	Tamaño de muestra	2,500 2x2	2,000 2.5x2.0	1,600 2.5x2.5	1,100 3x3	625 4x4	400 5x5
1,001 - 2,000	105	4	5	7	10	17	26
2,001 - 6,000	108	4	5	7	10	18	27
6,001 - 8,000	109	4	5	7	10	18	27
8,001 - 10,000	109	4	5	7	10	18	27
10,000 en adelante	110	4	6	7	10	18	28
No. de árboles/sitio de 100 m <sup>2</sup>		25	20	16	11	6	4

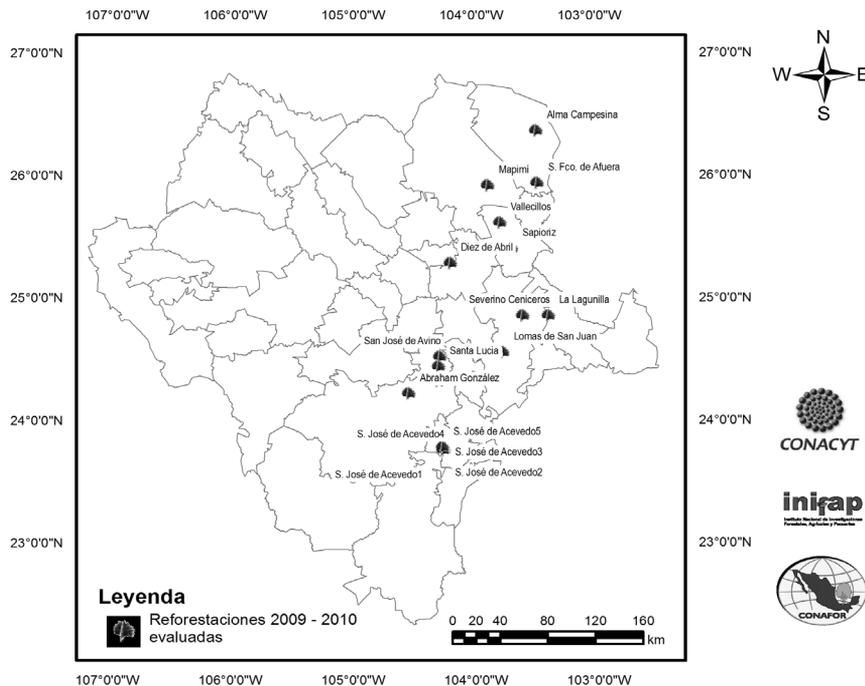
En reforestaciones de tipo compacto con líneas bien definidas se utilizan las líneas de reforestación como unidades de muestreo, en caso de que resulte difícil trabajar en sitios circulares. Para determinar el número de sitios de muestreo se cuantifica el número de líneas de reforestación y la cantidad promedio de plantas por línea. El número de líneas incluidas en la evaluación se calcula en base a la información de las primeras dos columnas del Cuadro 7.2 y para ello, es necesario conocer el número de plantas utilizadas en la reforestación. Por ejemplo si se tiene una reforestación de 12,000 plantas y un promedio de 30 árboles por línea entonces se tienen 400 líneas ( $12,000/30=400$ ). El número de líneas por muestrear será igual a  $110/30=3.67=4$  líneas. La línea inicial de muestreo será la tercera y el intervalo entre líneas de muestreo se calcula con la ecuación ILM (intervalo de líneas de muestreo) =  $(\text{Número total de líneas} - 4)/(\text{Número de líneas de muestreo} - 1)$ . En el ejemplo sería  $ILM = (400 - 4)/(4 - 1) = 396/3 = 132$ . Por lo tanto, sería recomendable muestrear las líneas 3, 135, 267 y 398, aunque esta última se ajusta para que corresponda a la tercera línea antes del final de la plantación.

## DIAGNÓSTICO

Las evaluaciones se realizaron entre enero y febrero de 2011, mediante muestreo sistemático de tipo circular y sólo en el poblado Diez de Abril, municipio de Nazas, se realizó muestreo lineal. Se evaluaron 17 plantaciones establecidas entre 2009 y 2010 como acciones de reforestación en los municipios de Nombre de Dios (5 sitios), Cuencamé (3), Lerdo (2), Pánuco de Coronado (2), Tlahualilo (2), Nazas (1), Durango (1) y Mapimí (1) (Figura 7.2). En cada uno de los sitios evaluados se registraron las coordenadas, altitud, exposición, tipo de reforestación, superficie, sobrevivencia, altura de las plantas, diámetro basal del tallo y causas de la baja sobrevivencia.

La altitud de los sitios de plantación varió entre 1,099 msnm en San Francisco de Afuera, Tlahualilo, hasta 2,094 msnm en Lomas de San Juan, Cuencamé, Dgo. (Cuadro 7.3). La frecuencia de exposición de las plantaciones fue mayor en el tipo cenital 'Z' (9), seguido de la exposición sureste

‘SE’ (4), sur ‘S’ (2), este ‘E’ (1) y noreste ‘NE’ (1) (Cuadro 7.4). Lo anterior, debe considerarse en la capacitación de los técnicos encargados de las plantaciones, las cuales deben orientarse para una exposición norte-sur, debido a que el mezquite requiere de luz solar plena para su crecimiento. Las plantaciones se realizaron principalmente en el método marco real, con distancias entre plantas e hileras de 3 m x 3 m y 3 m x 2.5 m. Se observaron también plantaciones en tresbolillo (2), con distancias similares entre plantas e hileras.



**Figura 7.2. Ubicación de las áreas reforestadas con mezquite, evaluadas durante 2011 en Durango.**

Los métodos de trazo de plantación más utilizados en las áreas reforestadas con mezquite en Durango fueron: el método lineal con distancias entre plantas de 3 m y entre hileras de 3 m, lo cual se hizo con la finalidad de evitar la competencia entre árboles de mezquite. También, se pueden utilizar densidades mayores (1.5 m x 1.5 m) con lo cual se asegura el establecimiento de la plantación, la competencia entre plantas se mantiene baja durante los primeros años y luego puede aclararse para obtener las distancias recomendadas (3 m x 3 m). La superficie de las plantaciones fluctuó entre 4 ha en Saporiz, municipio de Lerdo, hasta 100 ha en San Francisco de Afuera, en el municipio de Tlahualilo. Se observó un alto porcentaje de plantaciones con 0 % de supervivencia (7), mientras que el resto (10 sitios) fluctuaron entre 2.7 % (Lomas de San Juan, Cuencamé) y 58.2 % (San José de Acevedo P2, Nombre de Dios). Es necesario reconsiderar los sitios, orientación y métodos de plantación del mezquite para incrementar la eficiencia y el porcentaje de supervivencia.

**Cuadro 7.3. Características de los sitios incluidos en el diagnóstico de plantaciones comerciales de mezquite. Durango, 2011.**

Sitio	Municipio	msnm	Latitud	Longitud	Año de Plantación	hectáreas
S. José de Acevedo1	N. de Dios	1707	2629207.731	575328.725	2010	12
S. José de Acevedo2	N. de Dios	1719	2628573.797	575847.195	2010	5
S. José de Acevedo3	N. de Dios	1727	2628122.831	576064.690	2010	10
S. José de Acevedo4	N. de Dios	1160	2628423.413	575318.651	2010	12
S. José de Acevedo5	N. de Dios	1739	2630696.298	574735.129	2010	10
La Lagunilla	Cuencamé	1477	2749906.049	663504.714	2009	20
Severino Ceniceros	Cuencamé	1637	2749927.873	641891.262	2010	25
Lomas de San Juan	Cuencamé	2094	2716714.220	625315.480	2009	40
Diez de Abril	Nazas	1367	2797234.930	581506.980	2009	5
Sapioriz	Lerdo	1223	2810631.000	632378.121	2010	4
Vallecillos	Lerdo	1280	2834002.270	622720.964	2010	10
San José de Avino	Pánuco de C.	2232	2712630.744	572544.312	2009	20
Santa Lucia	Pánuco de C.	2127	2703721.179	571559.919	2009	5
Alma Campesina	Tlahualilo	1100	2917223.509	653136.249	2009	50
S. Fco. de Afuera	Tlahualilo	1099	2869936.098	654132.124	2009	100
Abraham González	Durango	1886	2679207.825	546556.261	2010	40
Mapimí	Mapimí	1149	2867684.800	612483.946	2009	50

La altura promedio de las plantas de mezquite fluctuó entre 7.3 cm (San José de Acevedo P1, Nombre de Dios) y 27.8 cm (Ejido Severino Ceniceros, Cuencamé). El diámetro basal del tallo varió entre 1.5 cm (San José de Acevedo P1) hasta 5.5 cm en Lomas de San Juan y Diez de Abril. Con base a la altura y el diámetro basal del tallo es posible deducir que en Cuencamé se utilizaron plantas de mayor altura, lo cual reduce los problemas predatorios por parte de liebres y otros animales que consumen hojas y brotes tiernos de mezquite.

Con base en el análisis de la información recabada en campo se dedujo que los factores más importantes en la baja supervivencia de las plantaciones de mezquite fueron el estrés de humedad ocasionado por la escasez de lluvia, pastoreo de ganado en áreas reforestadas, daños ocasionados por liebre, plantación en suelos poco profundos y falta de prácticas de captación de agua. Se demostró la necesidad de mejorar la capacitación de técnicos forestales con la finalidad de difundir buenas prácticas de plantación en las que se incluya uso de la especie más adaptada en Durango (*Prosopis laevigata*) colectada localmente.

Otros factores que influyen en la supervivencia del mezquite es el uso de terrenos apropiados para el crecimiento y desarrollo de esta especie (suelos profundos, cercanos a escurrimientos de agua), uso de prácticas de captación y retención de agua (cepas, bordos de captación y aplicación de

hidrogel), protección contra predadores (liebres, hormigas, chapulín) y uso de plantas con alturas mayores a 50 cm. Con ello, se incrementará la supervivencia de las plantaciones de mezquite, se asegurará la inversión y se contribuirá a la conservación ambiental en Durango. Es recomendable también aplicar técnicas de regeneración natural e inducir la dispersión de semillas de mezquite propiciando el consumo de vainas en ganado caprino, bovino y equino. Con ello, se incrementará la germinación, emergencia y establecimiento de plantas de mezquite y luego se efectúan programas de manejo de los predios en los que se incluya el ajuste de la densidad de población y la realización de podas.

**Cuadro 7.4. Características de los sitios incluidos en el diagnóstico de plantaciones forestales de mezquite. Durango, 2011.**

Sitio	Fecha de Evaluación	*Expo.	Sobre. (%)	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)
S. José de Acevedo1	28/01/2011	**Z	48.5	7.3	1.5
S. José de Acevedo2	28/01/2011	SE	58.2	12.7	2.8
S. José de Acevedo3	28/01/2011	SE	40	15	3.1
S. José de Acevedo4	28/01/2011	S	30.3	13.1	2.5
S. José de Acevedo5	28/01/2011	S	43.6	14.5	3.6
La Lagunilla	18/02/2011	NE	0	--	--
Severino Ceniceros	18/02/2011	Z	3.6	27.8	3.6
Lomas de San Juan	29/01/2010	SE	2.7	18.3	5.5
Diez de Abril	21/01/2011	Z	34.3	15.5	5.5
Sapioriz	18/02/2011	Z	0	--	--
Vallecillos	18/02/2011	Z	0	--	--
San José de Avino	29/01/2010	E	18.2	11.5	--
Santa Lucia	29/01/2010	SE	0	--	--
Alma Campesina	19/02/2011	Z	0	--	--
S. Fco. de Afuera	19/02/2011	Z	1	10.5	2.5
Abraham González	29/01/2010	Z	17.3	21.3	3.6
Mapimí	19/02/2011	Z	0	--	--

\*Expo= exposición, Sobre= sobrevivencia; \*\*Z= cenital, SE= sureste, S=sur, NE= noreste, E= este.

## TÉCNICAS DE REFORESTACIÓN

### Selección del sitio

Los sitios más apropiados para la reforestación con mezquite deben seleccionarse en las áreas donde existe mayor potencial para el establecimiento de ésta especie. Las áreas con mayor potencial, son las que cuentan con mayor superficie natural vegetada por la especie. En Durango,

los municipios con mayor superficie potencialmente utilizable para la reforestación con mezquite son Hidalgo, Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe y algunas áreas de Cuencamé. En estas áreas se deben seleccionar sitios que cuenten todavía con algo de potencial productivo y evitar el uso de predios agotados, en los cuales será difícil establecer plantas de mezquite (Arriaga *et al.*, 1994). En sitios difíciles es necesario realizar una preparación adecuada del suelo y contrarrestar las características negativas que pudieran afectar el crecimiento y desarrollo del mezquite. Las áreas que principalmente se utilizan para la reforestación son aquellas en las que ya no se persigue ningún fin productivo, por lo que presentan características no aptas para la reforestación. Muchos de estos terrenos son las parcelas de desecho que ya han sido utilizadas hasta el agotamiento. Si este es el caso, vale la pena enfatizar lo difícil que será establecer plantas de mezquite en estas condiciones (Arriaga *et al.*, 1994).

### **Tipos de sitios reforestados con mezquite**

En ocasiones se utilizan suelos compactados usados previamente con fines agropecuarios, los cuales presentan una baja cantidad de espacio poroso dentro del suelo. En este tipo de suelos se dificulta el desarrollo de las raíces y la penetración del agua dentro del mismo. Se recomienda roturar el suelo con maquinaria de tracción mecánica o animal para revertir su compactación. Esta actividad contribuye a la remoción del suelo, lo cual favorece su porosidad, incrementa la capacidad de infiltración de agua y permite el crecimiento radical de las plantas. Es recomendable considerar la topografía del terreno, con la finalidad de evitar erosión y permitir la captación de agua de lluvia. (Vargas-Mena, 1991).

Los terrenos con recosidad son comúnmente utilizados en Durango para la reforestación con mezquite. La recosidad se define como el afloramiento de la roca madre en la superficie del terreno, lo cual dificulta el establecimiento de cualquier especie vegetal. En sitios cubiertos parcialmente con este problema, se deberá evitar el trasplante de plantas de mezquite debido a la reducida probabilidad de éxito en el establecimiento. Es recomendable introducir plantas de tipo rupícola adaptadas en áreas con recosidad, como es el caso de nopal y maguey.

El tipo de terrenos en descanso tiene mayores probabilidades para el establecimiento del mezquite, aunque muestran problemas de tipo biótico. Los terrenos en descanso utilizados previamente para la producción agrícola, son invadidos por la maleza anual y perenne; así como por insectos plaga y plantas leñosas y arbustivas de difícil erradicación. Estas plantas representarán competencia importante y las plagas ocasionarán daños durante el establecimiento, crecimiento y desarrollo de las plantaciones de mezquite. Existen varios métodos para controlar la maleza en predios destinados a la reforestación, los cuales pueden clasificarse dentro de las categorías manual, mecánico y químico (May, 1991). En el caso de las plagas es recomendable realizar el control químico, con el fin de reducir la incidencia de las poblaciones dañinas de insectos.

## Métodos de trasplante

El método de trasplante debe seleccionarse con base en los factores ambientales que causan mayor problema durante el crecimiento del mezquite y pueden ser de tipo individual y colectivo (Arriaga *et al.*, 1994). Entre los métodos incluidos en el tipo individual se pueden mencionar la cepa común, microcuenca, tresbolillo, tucero y el sistema español. En todos los métodos la preparación del terreno que será reforestado con plantas de mezquite consiste en remover el sitio específico de trasplante. Un método que puede utilizarse en la reforestación de mezquite de manera colectiva es conocido como zanja trinchera y en él se remueve una superficie mayor del terreno. Las características de cada uno de los métodos son mencionadas a continuación. La práctica más común en la preparación del terreno consiste en intervenir sólo el sitio específico en donde se transplantará o sembrará la planta. Los métodos deben ser empleados en concordancia con el tipo de deficiencias que se presenten y con los factores medioambientales adversos que se quiera contrarrestar. Se dividen en individuales y colectivos (Arriaga *et al.*, 1994).

Cepa común: Es el método más empleado en México, a pesar de presentar fuertes limitaciones. Consiste en hacer un hoyo, cúbico o cilíndrico, de 40 x 40 x 40 cm (Figura 7.3). Las dimensiones podrán variar según la calidad del terreno, por lo que en terrenos pobres se utilizan cepas de mayor tamaño (60 x 60 cm). La cepa común es un método simple y económico, pero sólo se recomienda en suelos que tengan buena calidad (profundo y franco) y con pendiente entre 2 y 4 %.



Figura 7.3. Vista superior de la cepa común utilizada en la reforestación con mezquite.

Cepa de microcuenca: Este método es utilizado en terrenos con pendiente pronunciada (5-10 %) y regiones donde la lluvia es escasa (100-200 mm), en donde es necesario trasplantar el mezquite en cepas con mayor área de captación de agua. Consiste principalmente la construcción de un bordo de tierra compactada en el sentido de la pendiente, con el propósito de incrementar la capacidad de captación de agua de la cepa (Figura 7.4).

Si la pendiente afecta negativamente la captación del agua, es necesario modificar las dimensiones de la cepa, de tal forma que muestre alargamiento en el sentido de la curva de nivel. Las dimensiones más recomendadas son de 60 a 80 cm de largo, 30 cm de ancho y 40 cm de profundidad.



Figura 7.4. Ilustración del método de plantación del mezquite en cepa de microcuenca.

Cepa en tresbolillo: Sistema de plantación en el cual las filas de plantas son dispuestas de tal forma que la cepa de una corresponde con el hueco de la siguiente (Figura 5). Este método mejora la eficiencia en la captación del escurrimiento superficial y previene la formación de cárcavas.



Figura 7.5 Cepas en distribución espacial de tresbolillo, utilizada en la reforestación con mezquite.

**Sistema tucero:** Es un método utilizado para sustituir la cepa común y es recomendado en sitios que presenten escasa precipitación y tienen suelo compactado. Consiste en aflojar un área de 80 x 80 cm a una profundidad de 20 cm, mediante el uso de un pico y pala. Después, se abre una zanja de 80 cm de largo x 40 cm de ancho y 25 de profundidad, en la parte de arriba de la pendiente y a una distancia de 20 cm del espacio removido (Figura 7.6). La tierra extraída de la zanja se amontona sobre el espacio de terreno removido y se aplana la cumbre. El montículo resultante debe tener dimensiones aproximadas de 60 x 60 cm de ancho y 30 cm de alto.



**Figura 7.6. Ilustración del sistema de plantación de tipo tucero utilizado en mezquite.**

**Sistema Español:** Este método es ideal para terrenos con pendiente de moderada a nula y que presenten escasa precipitación y suelos compactados. Consiste en hacer una cepa de 40 cm de ancho y 40 cm de profundidad. En torno a ella se construye un cajete de 1 m de diámetro con una profundidad de 10 a 15 cm en su parte más profunda. La finalidad del cajete es captar la máxima cantidad posible de agua, con lo que se incrementan las posibilidades de supervivencia de la planta en regiones áridas y semiáridas. Se debe cuidar que la planta sea colocada en la parte menos profunda del cajete para evitar que esté sumergida temporalmente y esto reduzca la respiración radical (Figura 7.7).

**Zanja trinchera:** Este método consiste en la elaboración de una zanja de unos 40 cm de ancho y 40 de profundidad (Figura 7.8). Para ello, el suelo que se extrae de la zanja se deposita pendiente abajo, de manera que se forma un bordo con 30 a 40 cm de corona y 30 cm de altura. El bordo debe hacerse de la mejor forma posible debido a que en él se colocarán las plantas de mezquite. Para

ello, se recomienda compactarlo con una pala hasta obtener una forma de trapecio en su sección transversal y un espacio en la parte superior de 40 cm, para ubicar las plantas de mezquite.



**Figura 7.7. Ilustración del sistema español utilizado en la reforestación con mezquite.**

Este método de reforestación se recomienda en sitios que presenten suelo con textura pesada (arcillosa), lo cual afecta negativamente la infiltración del agua y el crecimiento radical del mezquite. También, es posible utilizar la zanja trinchera en sitios con suelo escaso y subsuelo removible, cuando se requiera la captación de la máxima cantidad de agua y en predios donde sea necesario evitar el escurrimiento superficial.



**Figura 7.8. Ilustración del método de zanja trinchera utilizado en la reforestación colectiva de mezquite.**

## Trasplante

El trasplante es fundamental en la reforestación, debido a que la realización correcta de esta actividad incrementa las posibilidades de supervivencia de la planta. Es recomendable que se retire el envase de polietileno que contiene el sustrato que nutre la planta y con ello lograr el contacto de la raíz con el suelo para favorecer el crecimiento normal de la misma. Cuando se trasplanta es conveniente asegurar que el tallo quede recto, sosteniéndolo de la parte basal y en su defecto del cepellón. Se rellena uniformemente con tierra alrededor de la planta hasta que el nivel sobrepasa la superficie natural del terreno, por lo que al compactarlo quedará un poco más abajo que dicha superficie. La compactación del suelo alrededor de la planta incrementa el área de contacto del cepellón y las raíces con el suelo del sitio de trasplante. Con ello, se incrementa el porcentaje de supervivencia de las plantas de mezquite debido a que se reduce el tiempo de colonización del suelo y se incrementa la absorción de agua y nutrientes (Figura 7.9).



Figura 7.9. Ilustración del trasplante de mezquite en el método de cepa común.

## Cuidados después del trasplante

El trasplante debe considerarse como la parte inicial del proceso de la reforestación en campo y después de éste es necesario aplicar acciones de manejo que contribuyan al establecimiento, crecimiento y desarrollo de las plantas de mezquite. Entre las actividades que se recomienda desarrollar en el periodo post-trasplante se encuentra el control de plagas, enfermedades y depredadores; así como la aplicación de insumos y riegos de auxilio. Con ello, se incrementará el porcentaje de supervivencia y la tasa de crecimiento de las plantas de mezquite.

## Plagas de mezquite

Los insectos plaga pueden ocasionar daños en las plantas de mezquite, por lo que estas muestran un aspecto deplorable, su crecimiento se reduce drásticamente y puede llegar a la pérdida total de la plantación. El control de los insectos debe iniciar con el diagnóstico preciso del tipo de plaga y con base en ella se debe prescribir el tratamiento más apropiado. Entre los insectos plaga que

causan daño en las plantas de mezquite se pueden mencionar los defoliadores, como es el caso de las hormigas arrieras (*Atta* spp) las cuales pueden ocasionar pérdidas considerables (Landis, 1990; Flores, 2011). Otros insectos importantes son la chinche gigante del mezquite (*Thasus gigas*), *Mozena lunata*, *Savius jurgiosus jurgiosus* y *Pachylis hector* (Brailovsky et al., 1995). En el norte-centro de México se ha reportado la presencia del anillador *Oncideres cingulata*, barrenador de los brotes (*Dinoderus* spp) y chapulines (Flores, 2011) de los géneros *Melanopus*, *Brachystola* y *Sphernarium*.

También, existen insectos que afectan las vainas y semillas de mezquite como son *Algarobius prosopis*, *Mimosestes amicus* y *Mimosestes protactus* (Johnson, 1983). Otros insectos que pueden ocasionar daños al mezquite son los barrenadores de las familias *Buprestidae* y *Ceramyciidae* (Flores, 2011). Los nemátodos del suelo, de los géneros *Meloidogyne*, *Ditylenchus* y *Aphelenchoides*, representan otra de las plagas asociadas con mezquite (El-Sherbiny, 2011). Estos organismos afectan el crecimiento de las plantas debido al daño que ocasionan en la raíz, lo cual la expone a otras enfermedades y dificulta el transporte de agua y nutrientes. En sitios de alta infestación es necesario establecer un programa de control cuando se observa una cantidad considerable de nematodos en una muestra del suelo extraída en el área cercana a las raíces (Combe, 1989).

## Enfermedades

Los hongos de diferentes géneros pueden provocar daños considerables en la raíz del mezquite. Entre los géneros relacionados con mezquite se puede mencionar la muerte descendente del mezquite, que es una enfermedad causada por el hongo *Hypoxyton diatrypeoides* y su amorfo clasificado como una especie del tipo *Nodulosporium* (De la Torre et al., 2009). Las condiciones ambientales con alta humedad relativa y temperatura incrementan las infecciones fúngicas severas y esto a su vez provoca pérdida de vigor y viabilidad en las plantas de mezquite. Este problema se controla con la aplicación de fungicidas apropiados para cada tipo de hongo patógeno. La poda contribuye también al mejoramiento de la iluminación y aeración de las plantas de mezquite y con ello se favorece el control natural de los hongos patógenos del mezquite.

## Parásitos

El muérdago (*Phorodendron* spp.) es una planta parásita asociada al mezquite, del cual extrae agua, nutrientes y algunos carbohidratos (Solís y Gómez, 2011).

## Consumidores

Los organismos consumidores más importantes en mezquite son los roedores y lagomorfos. Los ratones más abundantes en algunas áreas del norte-centro de México, donde crece el mezquite, pertenecen a las especies *Onychomys torridus*, *Perognathus flavus* y *Chaetodipus hispidus* (Pacheco et al., 1999-2000). Las liebres *Lepus californicus* y *Lepus callotis* representan otra limitante para el establecimiento de las plantas de mezquite. La protección contra los consumidores del mezquite

puede lograrse con exclusiones realizadas con malla gallinera de 70-90 cm de altura; así como con repelentes naturales y de tipo comercial (Nájera, 2011).

### Aplicación de abono

La aplicación de abono orgánico puede incrementar el crecimiento de las plantas después del trasplante en campo. Se recomienda aplicar 5 kg de estiércol en cada cepa, con la finalidad de fortalecer el crecimiento de las plántulas de mezquite (INE, 2011). Cuando la deficiencia ocurre en etapas posteriores al trasplante es recomendable proporcionar los elementos nutritivos necesarios para el crecimiento del árbol por medio de fertilizaciones periódicas (CRAT, 1996).

### Riego de auxilio

En regiones áridas y semiáridas del norte-centro de México la humedad que reciben las plantas por agua de lluvia es deficiente, debido a los siguientes factores: preparación del terreno inadecuada, trasplante realizado fuera de época y reforestación realizada en años secos. La falta de humedad en el suelo es una de las principales causas que evitan el éxito de las reforestaciones (Prieto *et al.*, 2007). En estas circunstancias, es conveniente realizar tres riegos de auxilio durante el primer año posterior al trasplante y con ello se favorecerá el establecimiento y crecimiento de las plantas de mezquite. Para hacer eficiente el uso del agua de riego se recomienda realizar esta práctica en las horas de menor insolación. El riego es aplicado en cada cepa y se deben utilizar métodos que eviten el desperdicio de agua (Figura 7.10).



Figura 7.10. Riego de auxilio en una área reforestada con mezquite.

### Evaluación de Supervivencia

Se han realizado estudios con semilla de mezquite obtenida en 2009 de diferentes árboles de un rodal protegido que se localiza en Durango, Dgo. Las semillas se extrajeron mecánicamente, se desinfectaron con una solución de fungicida comercial (Tecto SC) al 2 % y se pusieron a germinar. Para la germinación se utilizaron charolas de poliestireno con 25 semillas cubiertas con papel absorbente

humedecido con agua destilada. Las charolas que contenían las semillas fueron colocadas en una cámara a 25 °C, para favorecer la germinación y emergencia de las plántulas. Después de la emergencia, se trasplantaron las plántulas de manera individual en tubetes de polipropileno de 25 cavidades con una capacidad volumétrica de 280 mL y charolas con 77 cavidades de 170 mL. El sustrato utilizado en ambos tipos de contenedores fue 50% composta: 25% peat moss, 12.5% perlita y 12.5% vermiculita. Las plantas se mantuvieron en condiciones de vivero hasta que alcanzaron una altura promedio de 25 cm y luego fueron trasplantadas en campo, el tres de agosto de 2010.

El trasplante se realizó en terrenos del INIFAP-Durango, con distancias de 3 x 3 m y se intercalaron hileras de plantas provenientes de cada tipo de contenedor. Después del trasplante, en cada hilera se determinó en 20 plantas, durante 93 días, el porcentaje de supervivencia, diámetro basal del tallo y altura. Los datos obtenidos se analizaron en Bloques Completos al Azar y la separación de medias se obtuvo con la DMS ( $\alpha = 0.05$ ).

### Sobrevivencia

Se observó similitud estadística para la supervivencia de plantas producidas en tubetes (98%) en relación con las obtenidas en charolas (83%) (Figura 7.11). Se considera que la supervivencia mayor registrada en plantas de mezquite producidas en tubetes fue influenciada por la cantidad más alta del sustrato utilizado en este tipo de contenedores (280 mL) en comparación con las cavidades de las charolas (170 mL), lo que permitió una cantidad mayor de raíces y mayor estabilidad durante el trasplante. Además, se observó que una de las hileras de plantas provenientes de charolas mostró un bajo porcentaje de supervivencia (65%) debido a la relación biomasa aérea y radicular. En el establecimiento de plantaciones de mezquite debe tenerse cuidado en la protección inicial proporcionada a las plántulas de mezquite, lo cual incrementará el porcentaje de supervivencia (Ríos *et al.*, 2011).

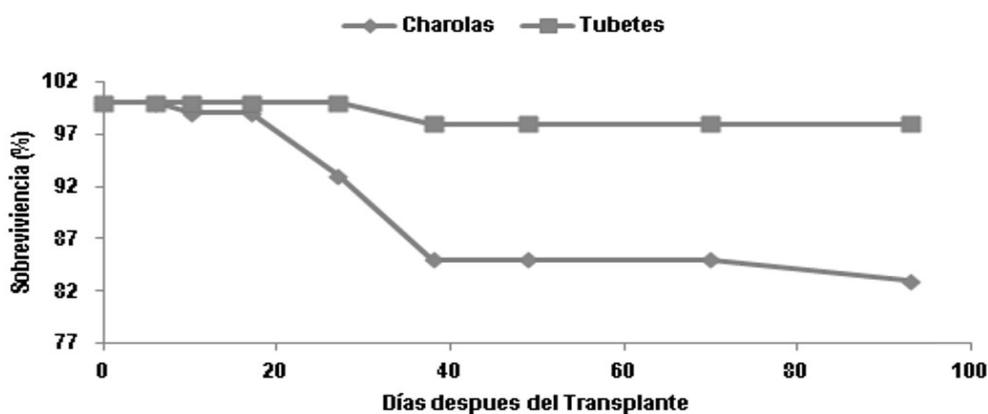


Figura 7.11. Supervivencia de plantas de mezquite producidas en dos tipos de contenedores después del trasplante en campo. Durango, Dgo. 2010.

## Diámetro y altura

Se observaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre contenedores para el diámetro basal del tallo y altura de las plantas de mezquite. El diámetro basal fue mayor en las plantas provenientes de charolas y dicha superioridad en comparación con las plantas producidas en tubetes se manifestó de manera altamente significativa y constante a partir del sexto muestreo realizado 38 días después del trasplante (Figura 7.12). El diámetro basal del tallo pasó de 2.5 cm al momento del establecimiento de la plantación a 3.5 cm a los 93 días después del trasplante en el caso de las plantas producidas en charolas y 3.1 cm en las que provenían de tubetes. Las plantas provenientes de tubetes mostraron menor capacidad de recuperación del incremento en el grosor del tallo después del trasplante debido a una mayor demanda generada por la raíz.

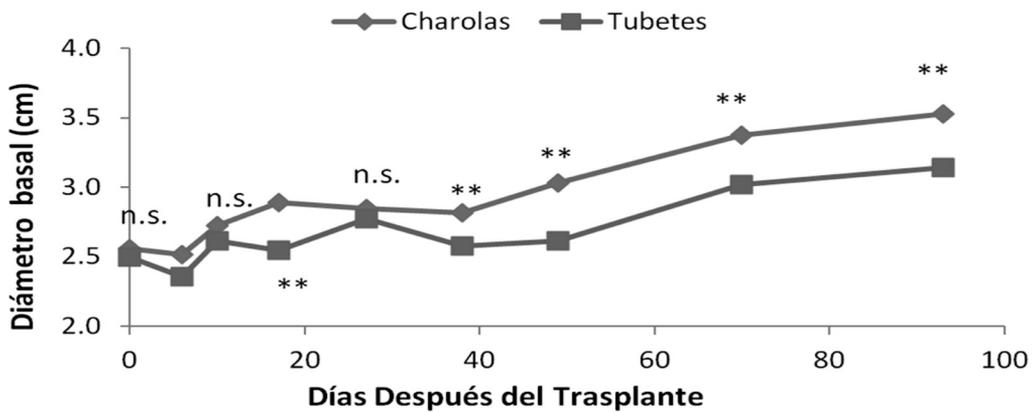


Figura 7.12. Diámetro basal del tallo en plantas de mezquite producidas en dos tipos de contenedores después del trasplante en campo. Durango, Dgo. 2010. [\*\*= altamente significativa ( $p < 0.01$ ); n. s. = no significativo].

En el caso de la altura de la planta fue mayor en las plantas provenientes de charolas y significativamente superior ( $p < 0.05$ ) desde los 17 días después del trasplante y altamente significativa ( $p < 0.01$ ) luego de los 27 días posteriores al trasplante (Figura 7.13). Al final del periodo de evaluación, la altura de las plantas producidas en charolas alcanzó 38.1 cm; mientras que las producidas en tubetes mostraron 32.6 cm de altura. Las plantas provenientes de tubetes mostraron menor capacidad de recuperación del crecimiento en el grosor del tallo y altura después de la plantación. Lo anterior, fue debido a la demanda generada por la raíz de tamaño mayor y con crecimiento en espiral, lo cual fue ocasionado por la carencia de canales verticales que guiarán las raíces hacia abajo y esto influyó negativamente en el crecimiento radical en campo (Burdett *et al.*, 1986; Landis, 1990).

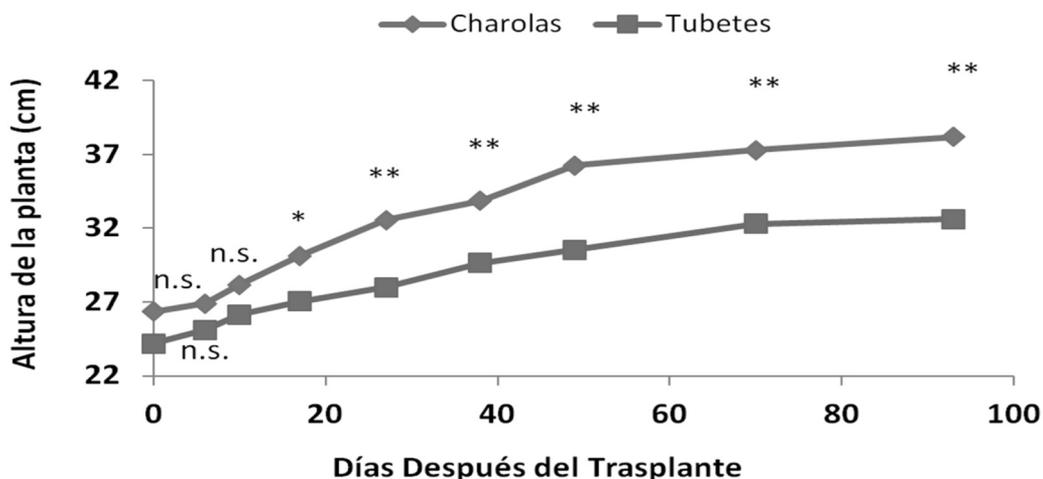


Figura 7.13. Altura registrada en plantas de mezquite producidas en dos tipos de contenedores después del trasplante en campo. Durango, Dgo. 2010. [\*= significativa ( $p < 0.05$ ); \*\*= altamente significativa ( $p < 0.01$ ); n. s. = no significativo].

## CONCLUSIONES

Es necesario incrementar la eficiencia productiva de los viveros y mejorar la calidad de la planta de mezquite utilizada en la reforestación de predios en la región Norte-Centro de México. Los niveles de supervivencia obtenidos en reforestaciones realizadas en esta región son bajos, por lo que es necesario seleccionar opciones tecnológicas para su mejoramiento. El uso de charolas de poliestireno y bolsas de polietileno representa una opción económica y eficiente para la producción de plántulas de mezquite. Entre las opciones tecnológicas para mejorar la eficiencia en la reforestación con mezquite se pueden mencionar la selección de predios en las áreas con mayor potencial de adaptación de la especie de mezquite con mayor importancia local (*P. laevigata*, *P. glandulosa*).

Es recomendable utilizar plántulas de más de 50 cm de altura para incrementar el porcentaje de supervivencia del mezquite en campo. El uso de cepas, fechas de trasplante y técnicas que incrementen la captación de agua de lluvia contribuirá en el mejoramiento del porcentaje de supervivencia, crecimiento y desarrollo de las plantas de mezquite. Entre las acciones de manejo post-trasplante del mezquite sobresalen la protección con malla, hasta que la planta alcanza una altura superior a 1 m. La preparación adecuada del terreno de plantación y la aplicación de riego de auxilio, abonos orgánicos y repelentes para depredadores incrementan las posibilidades de éxito en la reforestación con mezquite. El diagnóstico adecuado de la situación actual de la reforestación con mezquite permite la selección de las opciones tecnológicas de mayor influencia en el incremento de la supervivencia de la especie en la región.

## LITERATURA CITADA

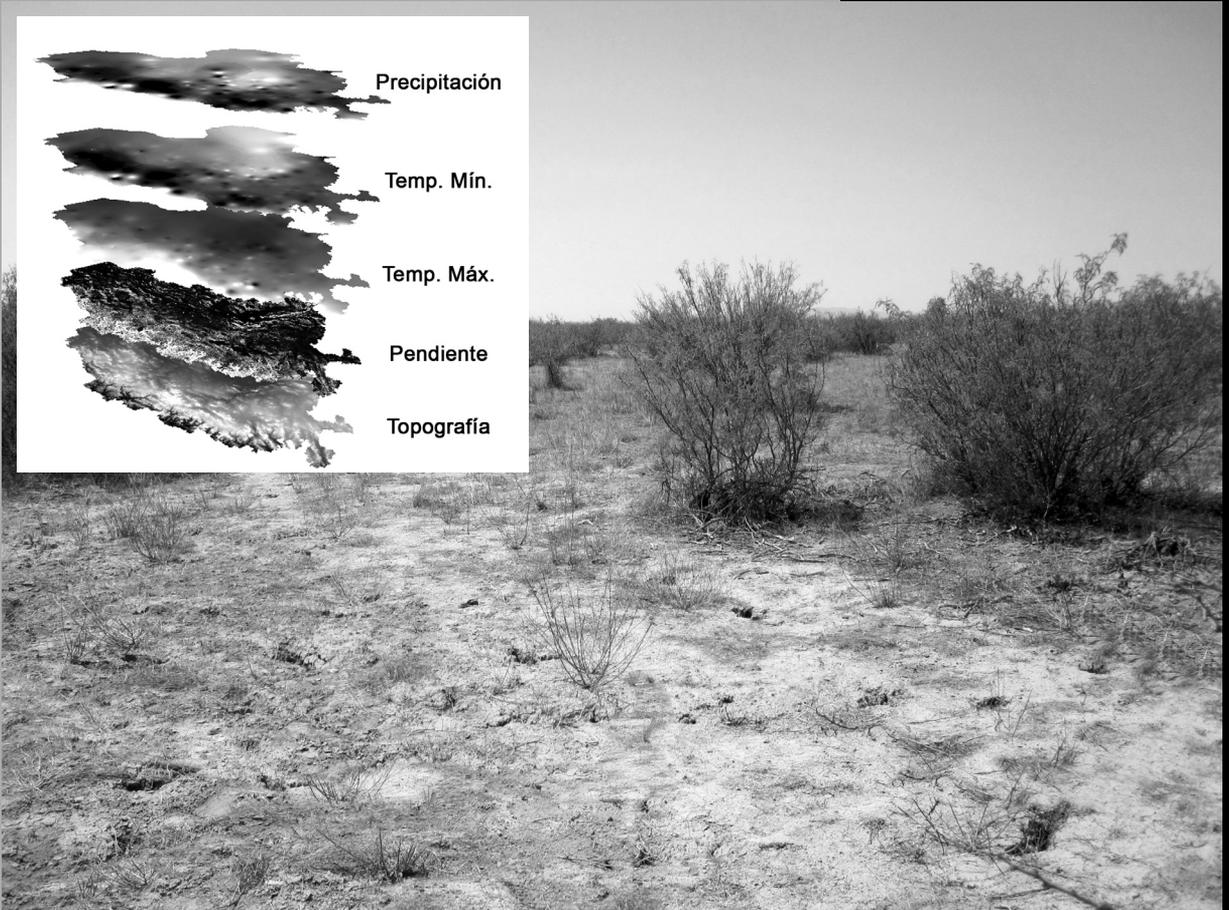
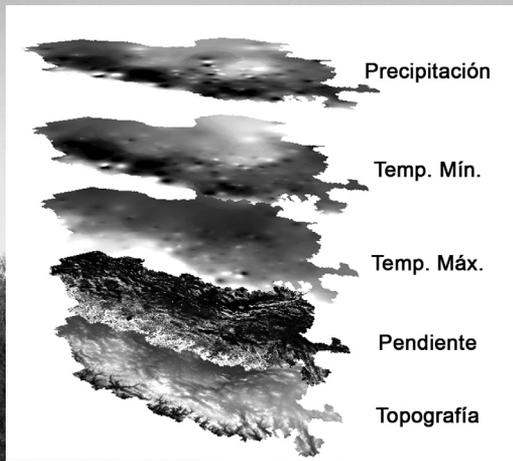
- Aldama B., M. 2000. Supervisión de viveros. Resultados de la supervisión 2000. Memoria del primer congreso nacional de reforestación 8-10 nov. 2000. Montecillo, México. 60 p.
- Arriaga V., M., G. Cervantes V. y A. Vargas M. 1994. Manual de reforestación con especies nativas, Libro técnico, Instituto Nacional de Ecología, SEDESOL, México. 186 p.
- Arriaga V., M. 2000. La reforestación en México. Memoria de primer congreso Nacional de Reforestación 8-10 Nov. 2000. Montecillo, México. pp. 35-42.
- Bello L. A. y J. C. Tovar 2000. Evaluación Técnica de las reforestaciones 1998, Memoria del primer congreso nacional de reforestación. 8-10 nov. 2000. Montecillo. CD-Room.
- Brailovsky, H., C. Mayorga, G. Ortega L. y E. Barrera. 1995. Estadíos ninfales de los coreidos del valle de Tehuacán, Puebla, México (*Hemiptera-Heteroptera*). II. Especies asociadas a huizacheras (*Acacia* spp.) y mezquiteras (*Prosopis* spp.): *Mozena lunata*, *Pachylis hector*, *Savius jurgiosus jurgiosus* y *Thasus gigas*. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zool. 66: 57-80.
- Burdett, A.N., H. Coates, R. Eremko y P. A. F. Martin. 1986. *Toppling in British Columbia's lodgepole pine plantations: significance, cause and prevention*. Forestry Chronicle 62:433-439.
- Corona C., F., F. Gómez L. y E. G. Ramos R. 2000. Análisis químico proximal de la vaina del mezquite (*Prosopis torreyana*) en árboles podados y no podados en diferentes etapas de fructificación. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 1: 21-28.
- Combe, J. 1989. Curso de Técnicas de Vivero y Plantaciones. Centro Agronómico Tropical y enseñanza. Área de Producción Forestal Agroforestal para América Tropical. INFORAT. No. acceso 10994.
- Centro Regional de Ayuda Técnica (CRAT). 1996. Manual de conservación de suelos. Editorial Limusa, México. 332. p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2008. Términos de Referencia para la Evaluación Externa de los apoyos para Reforestación del Programa Pro-Árbol 2008. 27 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. Datos de reforestación, incendios y restauración forestal. Documentos. Gerencia Regional III. Pacífico Norte. CONAFOR. Durango, Dgo.
- Comisión Nacional de Zonas Áridas-Instituto Nacional de Ecología (CONAZA-INE). 1994. Mezquite *Prosopis* spp. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México, D. F. 31 p.

- De La Torre A., R., F. M. Cota T., J. L. García R., J. E. Campos y F. San Martín. 2009. Etiología de la muerte descendente del mezquite (*Prosopis laevigata* L.) en la reserva de la biosfera del Valle de Zapotitlán, México. *Agrociencia* 43: 197-208.
- El-Sherbiny, A. A. 2011. *Phytoparasitic nematodes associated with ornamental shrubs, trees and palms in Saudi Arabia, including new host records*. *Pak. J. Nematol.* 29: 147-164.
- Flores F., J. D. 2011. Diagnóstico fitosanitario de las poblaciones de mezquite en los municipios de Cuatrociénegas y San Pedro de las Colonias, Coahuila. Documento en línea consultado el 17 de diciembre de 2011. [http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/foros/Mezquite/DIAGNOSTICO\\_FITOSANITARIO\\_DE\\_LAS\\_POBLACIONES\\_DE\\_MEZQUITE.PDF](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/foros/Mezquite/DIAGNOSTICO_FITOSANITARIO_DE_LAS_POBLACIONES_DE_MEZQUITE.PDF).
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2011. Cultivo. INE-SEMARNAT. Documento en línea consultado el 19 de noviembre de 2011. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/72/cultivo.html>.
- Johnson, C. D. 1983. *Handbook on seed insects of Prosopis species*. Documento en línea consultado el 17 de diciembre de 2011. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Q4165E/Q4165E00.htm#TOC>.
- Landis, T. D. 1990. *Containers: Types and Functions*. In: T. D. Landis; R. W. Tinus; S. E. McDonald; J. P. Barnett, J. P. (eds.). *The container tree nursery manual Volume 2*. *Agric. Handbook*. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. pp. 1-40.
- May, J. T. 1991. Condiciones del sitio a considerar en el establecimiento de un vivero forestal permanente. Universidad Popular Autónoma de Puebla, Escuela de Fitotecnia. Serie Temas Forestales No 2. Puebla México. 33 p.
- Mexal J. 1996. *Forest Nursery Actives in Mexico*. In: Landis, T. D. South, D. B. (tec. Cords.) *National Proceedings*. Forest and Conservation Nursery Associations. Portland, OR. p. 228-232.
- Nájera C., A. 2011. Protección de plántulas forestales contra ataque de lagomorfos y roedores. SEMARNAT-CONAFOR-CONACYT. Documento en línea consultado el 19 de diciembre de 2011. [http://conafor.gob.mx/biblioteca/FOROS/mezquite/PROTECCION\\_DE\\_PLANTULAS\\_FORESTALES\\_CONTRA\\_EL\\_ATAQUE\\_DE\\_LAGOMORFOS\\_Y\\_ROEDORES.PDF](http://conafor.gob.mx/biblioteca/FOROS/mezquite/PROTECCION_DE_PLANTULAS_FORESTALES_CONTRA_EL_ATAQUE_DE_LAGOMORFOS_Y_ROEDORES.PDF).
- Osuna L., E. y R. Meza S. 2003. Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de Baja California Sur. Folleto Técnico Núm. 8. INIFAP-CIRNO Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México. 55 p.
- Prieto R., J. A., P. A. Domínguez C., E. H. Cornejo O. y J. J. Navar C. 2007. Efecto del envase y del riego en vivero en el establecimiento de *Pinus cooperi* blanco en dos condiciones de sitio. *Madera y Bosques*, primavera, 2007/vol. 13, número 001, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. pp. 79-97.

- Ríos S., J. C., E. Merlín B., E. Soto C. y R. Rosales S. 2010. Crecimiento de plántulas y productividad del mezquite en el estado de Durango, México. Memoria del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Sonora. México. pp. 48-60.
- Ríos S., J. C.; E. Soto C.; R. Rosales S. 2011. Sobrevivencia y crecimiento de plantas de mezquite producidas en dos tipos de contenedores en Durango, México. 5To Congreso Forestal de Cuba. pp. 9.
- Rodríguez, C. y C. Vázquez-Yanes. 1992. La conservación de plantas en peligro de extinción a través del almacenamiento a largo plazo de semillas. *Interciencia* 17:5. pp. 293-297.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) 2000. Atlas forestales. pp. 67-68; 89-90.
- Solís G., V. y M. Gómez S. 2011. Inventario de las especies de muérdagos en la zona sur del estado de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Documento en línea consultado el 19 de diciembre de 2011. [www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-VII/](http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-VII/).
- Trucios C., R.; J. C. Ríos S.; L. M. Valenzuela N.; G. Sosa P.; R. Rosales S. y J. Estrada A. 2010. Superficie actual vegetada por mezquite en cuatro entidades del Norte-Centro de México. Memoria de la XXII Semana Internacional de la Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 503-507.
- Valenzuela N., L. M., J. C. Ríos S., R. Trucios C., G. Sosa P. y R. Rosales S. 2010. Caracterización dasométrica de rodales de mezquite en ocho municipios del Norte-Centro de México. *In*: Memoria de la XXII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México. pp. 138-142.
- Valenzuela N., L. M., J. C. Ríos S.; R. Trucios C. y R. Rosales S. 2011. Diversidad genética en poblaciones naturales de mezquite del Norte-Centro de México. Memorias del Primer Simposio Internacional Presente y Futuro de los Bosques. Instituto Tecnológico de El Salto. El Salto, P. N. Durango, México.
- Vargas-Mena, A. 1991 Sobrevivencia y Crecimiento de Leguminosas Utilizadas en la Reforestación de la Selva Baja Caducifolia en la Montaña de Guerrero. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM: México 65 p.
- Villanueva D., J., R. Jasso I.; E. H. Cornejo O. y C. Potisek T. 2004. El mezquite en La Comarca Lagunera: su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. *Agrofaz* 4: pp. 633-648.
- Wightman, K. E. y S. Cruz B. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana*. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Universidad Veracruzana, México. pp. 45-51.

# CAPÍTULO VIII

## ÁREAS POTENCIALES PARA DESARROLLO Y APROVECHAMIENTO DE MEZQUITE



Ramón Trucíos Caciano

Luis Manuel Valenzuela Núñez

Juan Estrada Ávalos

Rigoberto Rosales Serna

Martín Martínez Salvador



## CONTEXTO GENERAL

El aprovechamiento de los recursos naturales en zonas áridas, no ha sido del todo estudiado en un contexto de uso sustentable. De tal forma que, los dueños del recurso en este ambiente no han asimilado la importancia de su conservación. En entornos desérticos y semidesérticos como los que predominan en el norte de México, son pocas las alternativas de producción que se desarrollan de forma natural en condiciones limitantes de disponibilidad de agua (Arellano, 1996; Villanueva *et al.*, 2004).

La productividad en especies vegetales, considerando su importancia para el ser humano, depende de diversos factores del medio ambiente físico, como son: temperatura, precipitación, pendiente, tipo de suelo; y al ser cultivos se adiciona el factor prácticas de manejo como, selección de genotipos, labores culturales, aplicación de fertilizantes, prácticas fitosanitarias y riego, entre otras. Con respecto al suelo, éste pueden variar fuertemente a través del espacio y modificarse favorable o desfavorablemente mediante las prácticas de manejo, en el caso de plantas cultivadas (González *et al.*, 2002). Para determinar el potencial productivo de las plantas, a través de las interrelaciones existentes y ya conocidas de especie-clima-suelo-manejo, es necesario usar bases de datos del medio físico que permitan caracterizar dicha interrelación (Alcantar *et al.*, 1999).

El mezquite es una planta termo-xerófila de considerable interés para el hombre. Es abundante en muchas regiones áridas de América y con frecuencia constituye el único elemento arbóreo presente de la vegetación. Corresponde a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae* y al género *Prosopis*, el cual incluye cerca de 40 especies. De estas, las más abundantes y conocidas son *Prosopis glandulosa* y *Prosopis laevigata*. El interés por estas especies radica en la variedad de usos y bienes que proporcionan, los cuales pueden ser directamente utilizados como: producción de frutos, cuyas propiedades nutrimentales los hacen aptos para consumo humano y animal; hasta la producción de madera de excelentes propiedades físicas para construir muebles, artesanías, materiales de construcción, pisos, y de notables propiedades caloríficas para usarse como combustible; su corteza y hojas se usan como remedios curativos para diferentes afecciones; y en algunas especies el tronco y ramas excretan una goma con similares características a la goma arábiga (Rzedowski 1988, Arellano 1996, Frías *et al.*, 2000, Maldonado y De la Garza, 2000).

## DESARROLLO DE POBLACIONES NATURALES DE MEZQUITE

En estudios específicos para una región se ha determinado que la densidad del mezquite varía de menos de 10 árboles por hectárea en un matorral crasicale o pastizal, hasta densidades mayores a 250 árboles por hectárea en un mezquital desértico (Villanueva, 1993); pero esta densidad puede variar en función de diversos factores ecológicos y climáticos. En general la densidad promedio es de alrededor de 100 árboles por ha. El mezquite es comúnmente considerado como una especie

indeseable, debido a la competencia con los pastos y decremento en la producción de forraje y al incrementar la dificultad para manejar al ganado (Maldonado y De la Garza, 2000).

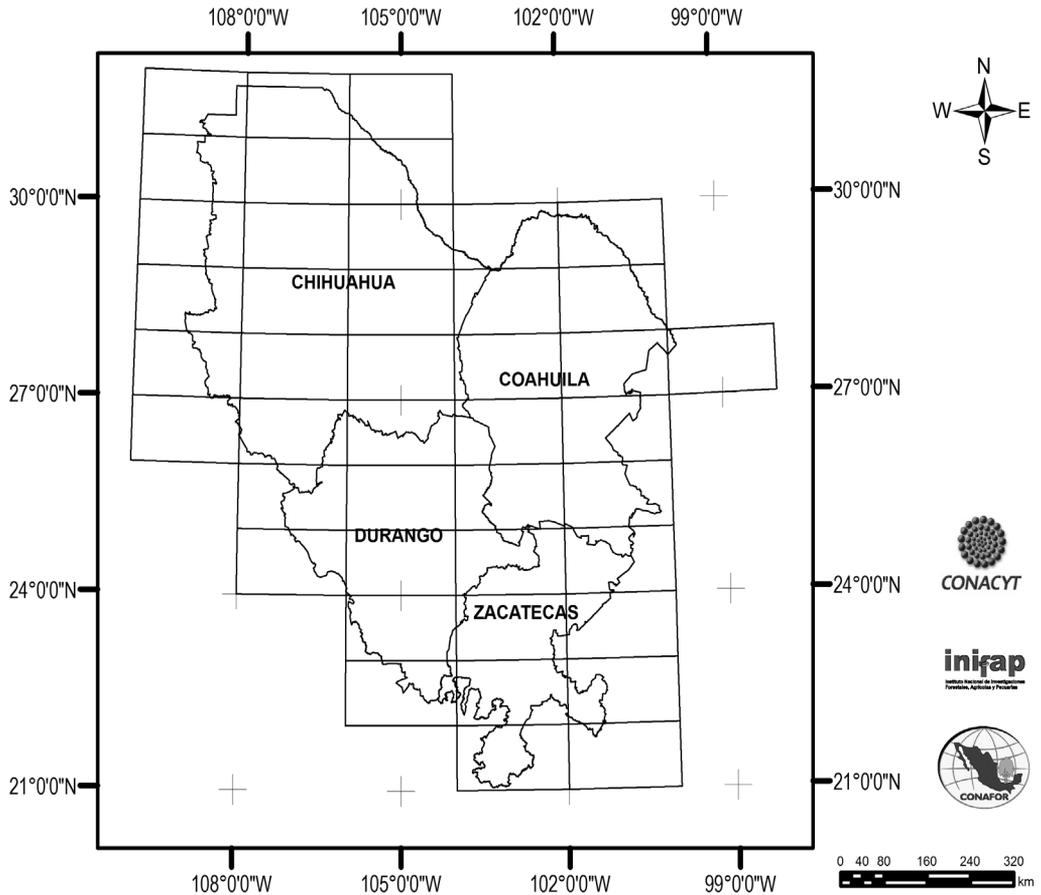
El mezquite se desarrolla naturalmente en suelos de diversos tipos, preferentemente en aquellos que son planos y profundos, de acuerdo a la clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) corresponde a los tipos de suelos Entisoles, Xerosoles y Molisoles que cuentan con una alta capacidad de almacenamiento de agua (Villanueva, 1993).

En otros estudios se ha determinado que poblaciones naturales de mezquite presentan densidades de hasta 2,500 individuos por ha o mayores, en esta situación y con fines de manejo, se han recomendado aclareos hasta reducir la población en 625 a 800 individuos por ha; de esta manera, se permite un manejo adecuado para producción de vaina, mayor crecimiento del individuo. De igual forma, si se quiere incrementar la capacidad de carga del sitio se recomienda disminuir a 278 individuos por ha para aumentar la superficie de pastizales para un mejor manejo del ganado (Villanueva *et al.*, 2004).

Aunque el mezquite se considera como una especie de difícil control, si razonamos que esta especie juega un papel importante en el ecosistema y que además es una planta de cualidades excepcionales, por las diversas condiciones climáticas, edáficas y ecológicas en las cuales se desarrolla, el determinar sitios con potencial para el desarrollo y posterior aprovechamiento agropecuario o forestal, basado en las condiciones biofísicas que se presentan en los estados del norte que comprende este estudio siendo Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas; evidentemente ayuda a cuantificar áreas, que si bien no son aptas para desarrollar cultivos, pueden ser idóneas para el establecimiento o manejo de este tipo de recursos de zonas áridas, propiciando de esta manera una correcta toma de decisiones en cuanto al uso de suelo en un determinado territorio.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica al norte de México y está conformada por Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas. Tiene como coordenadas extremas (latitud norte, longitud oeste) 109° 05'05", 31°48'31", esquina noroeste y 99° 33'27", 20°57'21" esquina sureste. La delimitación de dicha área, y por ende de cada estado, se obtuvo en base a la información cartográfica 1:1'000,000 de la Comisión Nacional de Biodiversidad (CONABIO, 2005) Figura 8.1.



**Figura 8.1. Ubicación del área de estudio delimitando los estados que la conforman en el contexto de la República Mexicana.**

Para el presente estudio se creó una base de datos robusta que comprende información de tipos de suelos, clima y topografía del área de estudio. A continuación se detallan las fuentes de información y procedimientos desarrollados en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica Agua y Suelo del INIFAP CENID-RASPA, para obtener las condiciones de potencial de desarrollo para el Mezquite.

#### Base de datos de tipo de suelos

El área de estudio se compone de 43 cartas edafológicas escala 1:250,000 (véase distribución de las cartas en Figura 8.1) generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Para la clasificación de dichas cartas se consideraron los criterios de FAO/UNESCO/1968, modificados por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) en 1970 (INEGI, 2001 y 2009), cuenta

con atributos como: fase física (lítica, lítica profunda, pedregosa y pedregosa profunda), fase química (salinidad y sodicidad) y textura (fina, media o gruesa) (INEGI, 1990), además de la superficie en hectáreas que comprende cada clasificación. En la siguiente figura (8.2) se observa la distribución de tipos de suelo con la característica de textura, debido a que en esta escala de mapa no se pueden distinguir los tipos de suelo presentes en el área de estudio y que se enlistan a continuación: Acrisol, Cambisol, Castañozem, Chernozem, Feozem, Fluvisol, Gleysol, Litosol, Luvisol, Planosol, Ranker, Regosol, Rendzina, Solonchak, Solonetz, Vertisol, Xerosol y Yermosol.

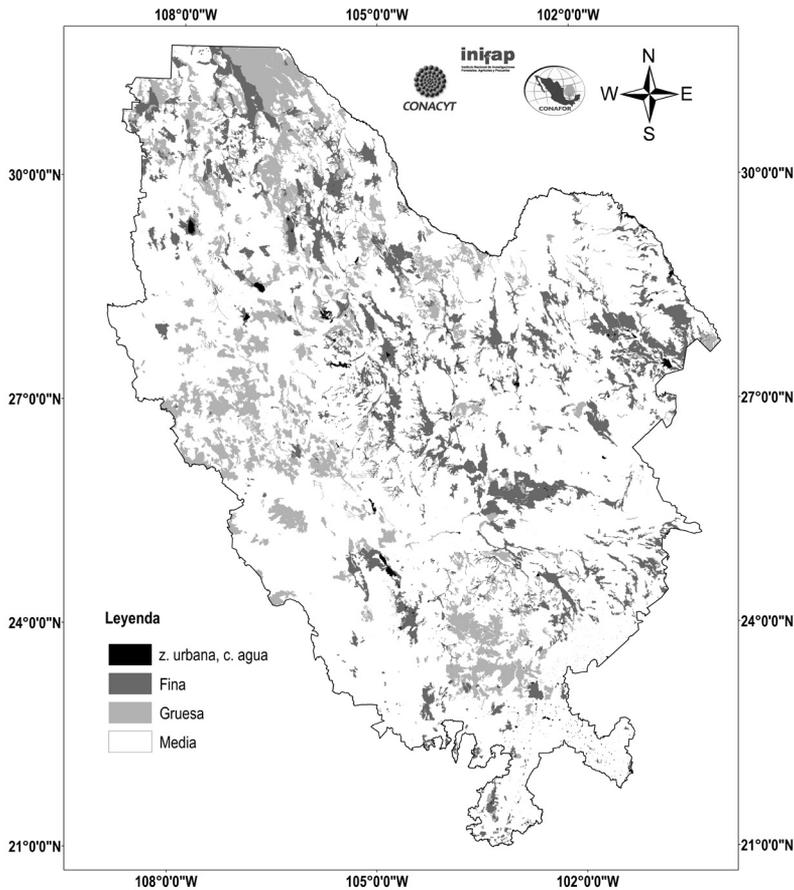


Figura 8.2. Distribución de unidades de suelo para el área de estudio, clasificados en base a la clase textural.

## Base de datos climáticos

Esta base de datos de componentes de clima comprende la información referente a precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima. La fuente de información fue el programa Extractor Rápido de Información Climática (ERIC) versión III (IMTA, 2009), mismo que contiene la información, del Servicio Meteorológico Nacional, actualizada hasta marzo de 2009 y ha sido desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Los criterios de selección fueron los siguientes:

Representatividad.- selección de estaciones al interior de los estados y al exterior de los mismos para tener información suficiente para realizar la interpolación de información (López *et al.*, 2001), con excepción del norte de Chihuahua y Coahuila por limitar con Estados Unidos y no contar con información fuera del país (IMTA, 2009).

Uniformidad de la base de datos.- selección de un periodo de 10 años con información en base diaria de precipitación, temperatura máxima y mínima de las estaciones seleccionadas anteriormente. Este periodo de acuerdo a los datos históricos fue de 1989-1998.

Con lo anterior, se generó una base de datos con 312 estaciones, distribuidas en Aguascalientes (31), Coahuila (25), Chihuahua (59), Durango (73), Jalisco (14), Nayarit (9), Nuevo León (12), Sinaloa (33), Sonora (21) y Zacatecas (35).

Con la información de temperatura máxima y temperatura mínima se obtuvieron los promedios mensuales para cada año y posteriormente se promedió el resultado anual, obteniéndose de esta manera la temperatura máxima promedio y temperatura mínima promedio para los diez años considerados en este estudio. Con esta información se generó la temperatura media y realizando la interpolación de la información seleccionada (Cañada, 2008), con la ubicación geográfica de las estaciones se generaron los mapas de Temperatura Máxima (Figura 8.3), Temperatura mínima (Figura 8.4) y Temperatura promedio (Figura 8.5).

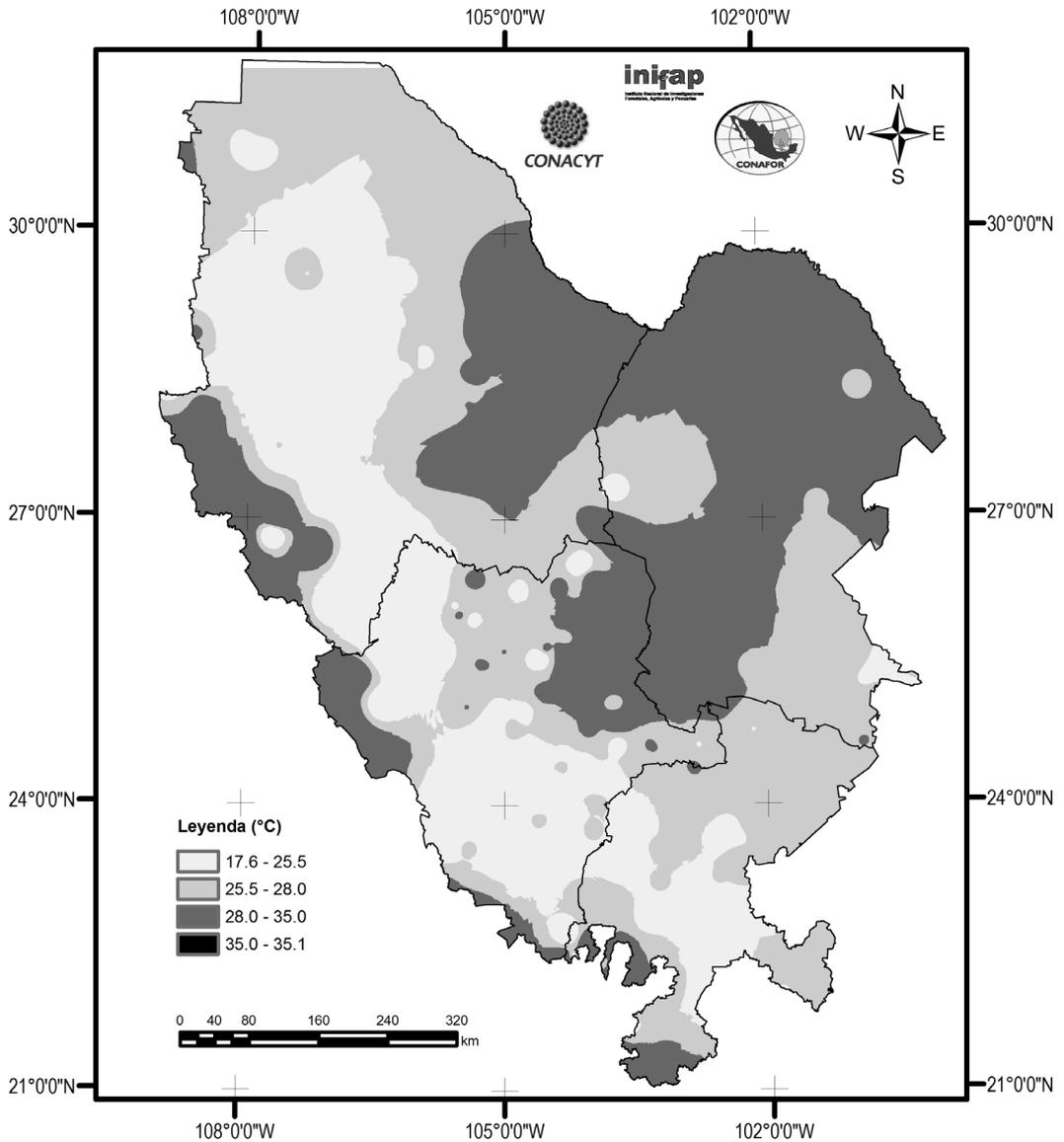


Figura 8.3. Temperaturas máximas promedio en la región de estudio que comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.

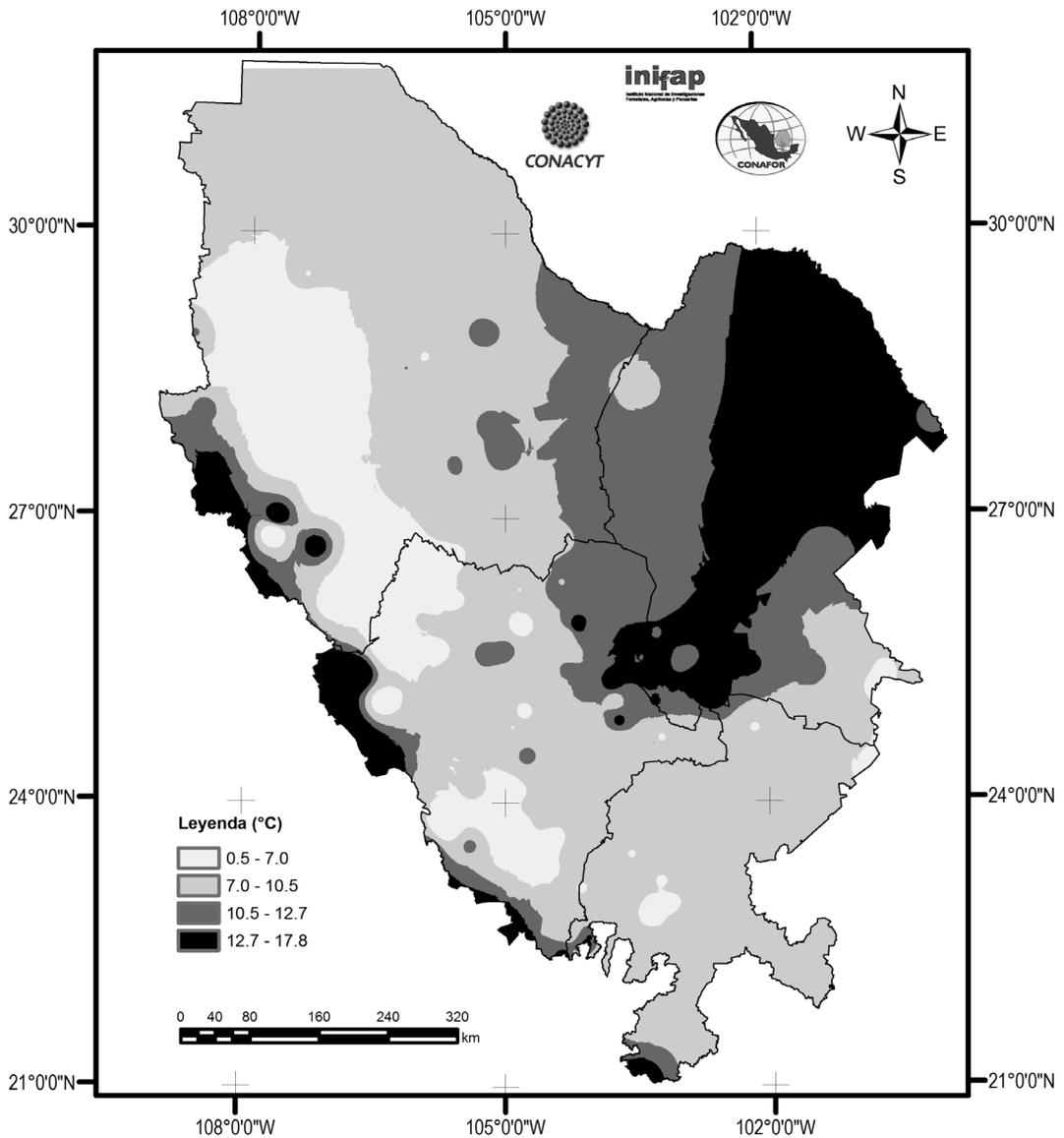
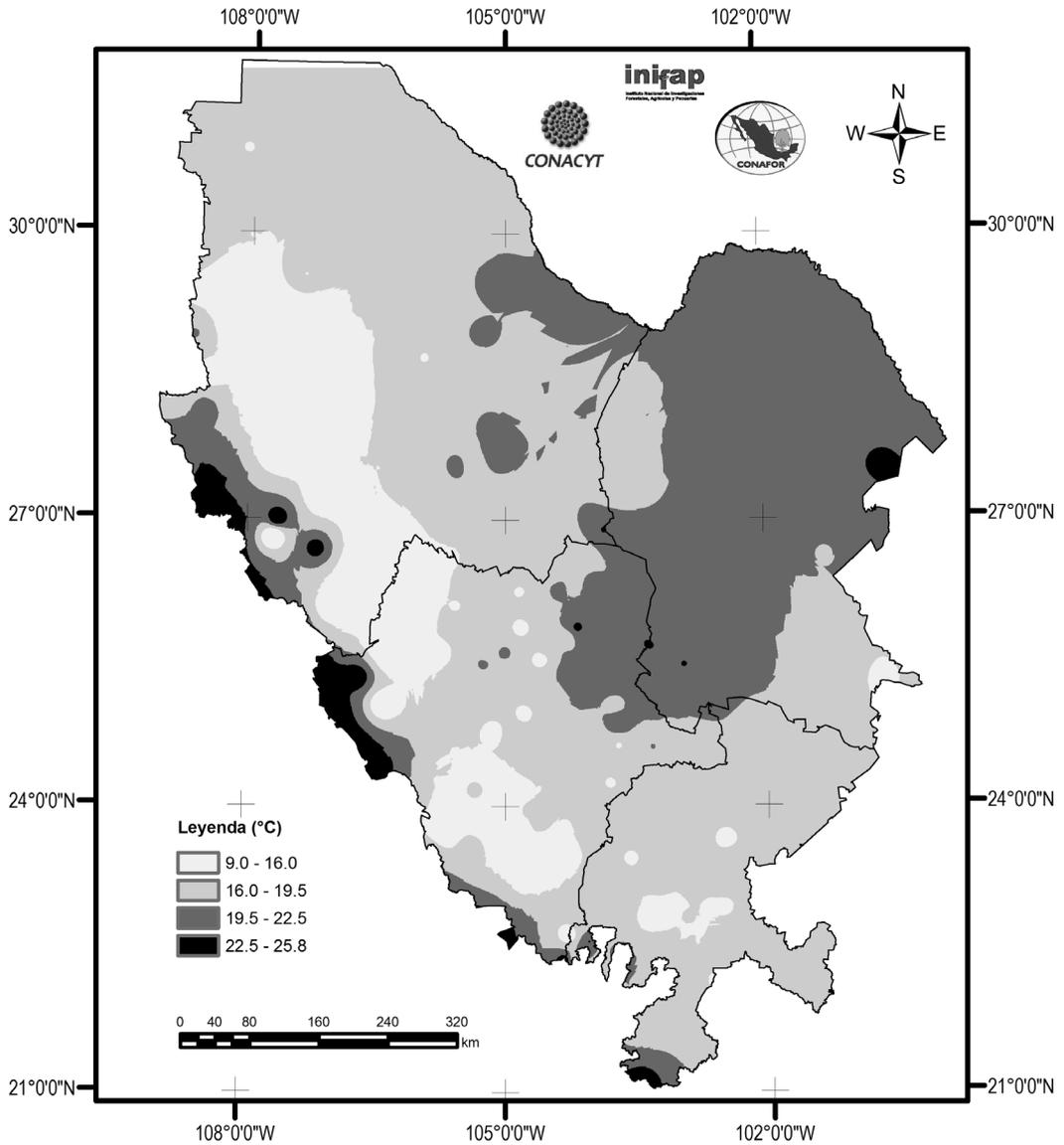
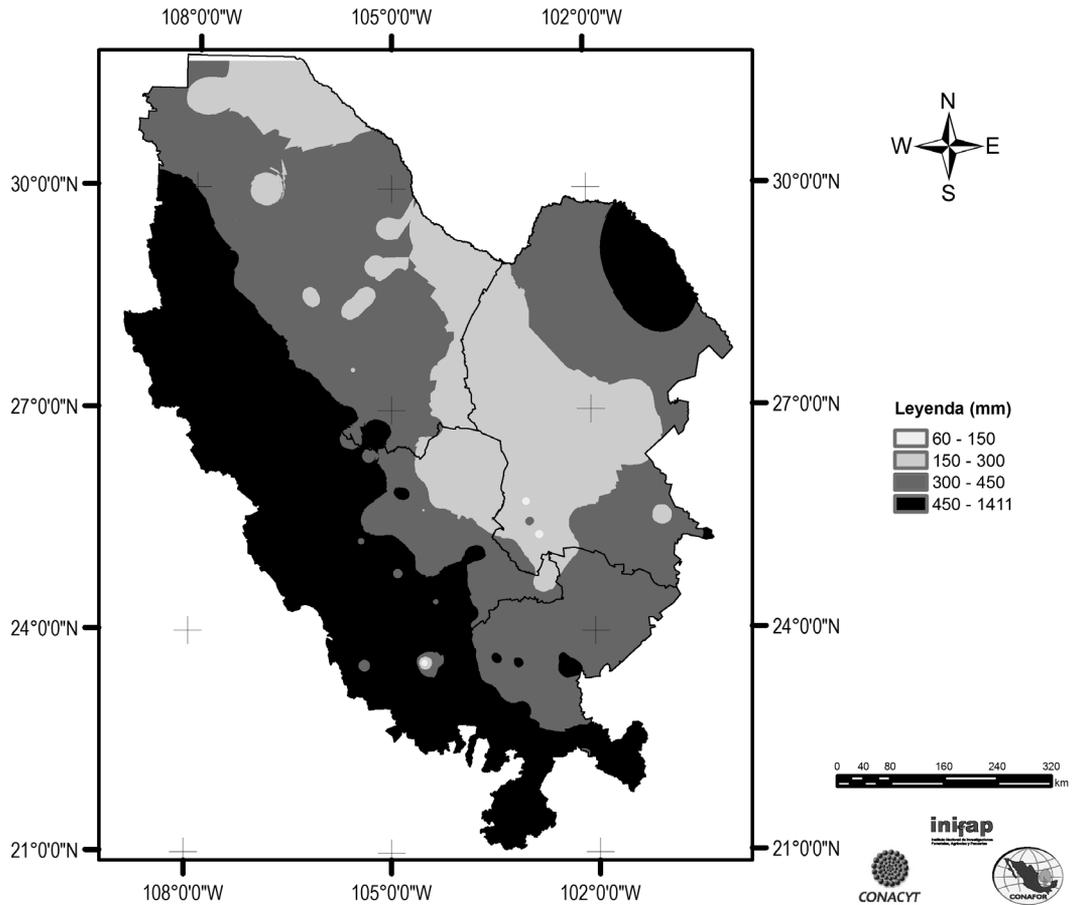


Figura 8.4. Temperaturas mínimas promedio en la región de estudio que comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.



**Figura 8.5. Temperaturas medias en la región de estudio que comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.**

Con respecto a la precipitación, se realizó la sumatoria de las precipitaciones diarias para cada mes y posteriormente se sumaron las precipitaciones mensuales. Finalmente, se promediaron los valores de precipitación del periodo de estudio para cada estación, de lo cual se obtuvo el valor de precipitación media anual. Con esta información se generó el mapa de la figura 8.6.



**Figura 8.6.** Precipitación anual media en la región de estudio que comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.

## Topografía

El insumo básico para la información topográfica es el modelo digital de elevación (MDE) escala 1:50,000 de INEGI, el cual está realizado en formato raster que le proporciona las características necesarias para contar con valores de  $z$ , que en este caso corresponde al valor de altura en metros sobre el nivel del mar (Figura 8.7). Este insumo nos permite seleccionar no solamente por alturas, sino también por medio de gradientes o incrementos en alturas, lo cual lo expresamos en pendiente del terreno (Moreno, 2008c, Trucíos *et al.*, 2010). Para obtener la pendiente del terreno se utilizó la herramienta de analista espacial, solicitando que la información fuera expresada en % (Fernández, 2008), considerando que el 100% es una pendiente donde avanzamos 100 m y subimos en altura 100 m (Figura 8.8).

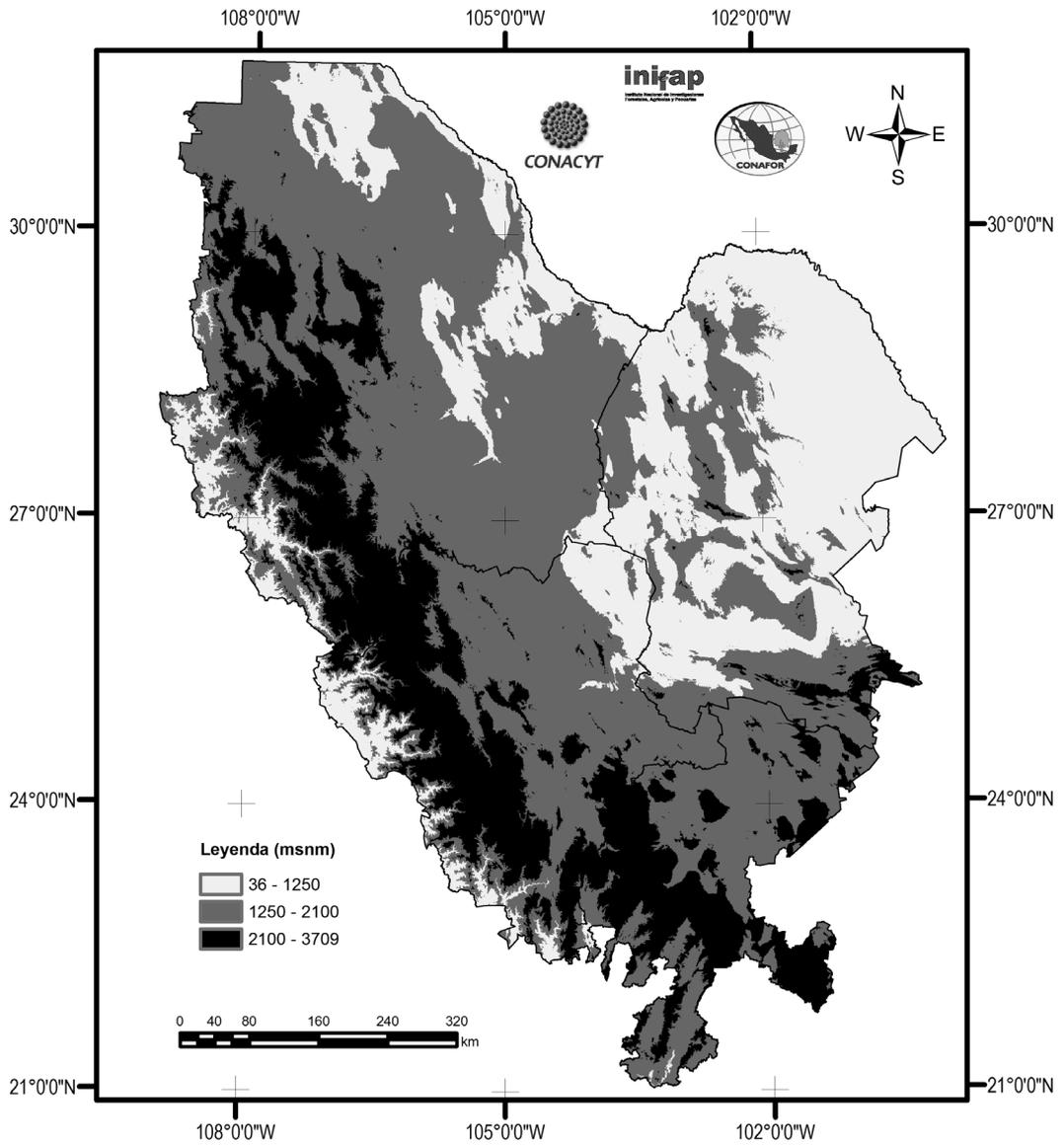
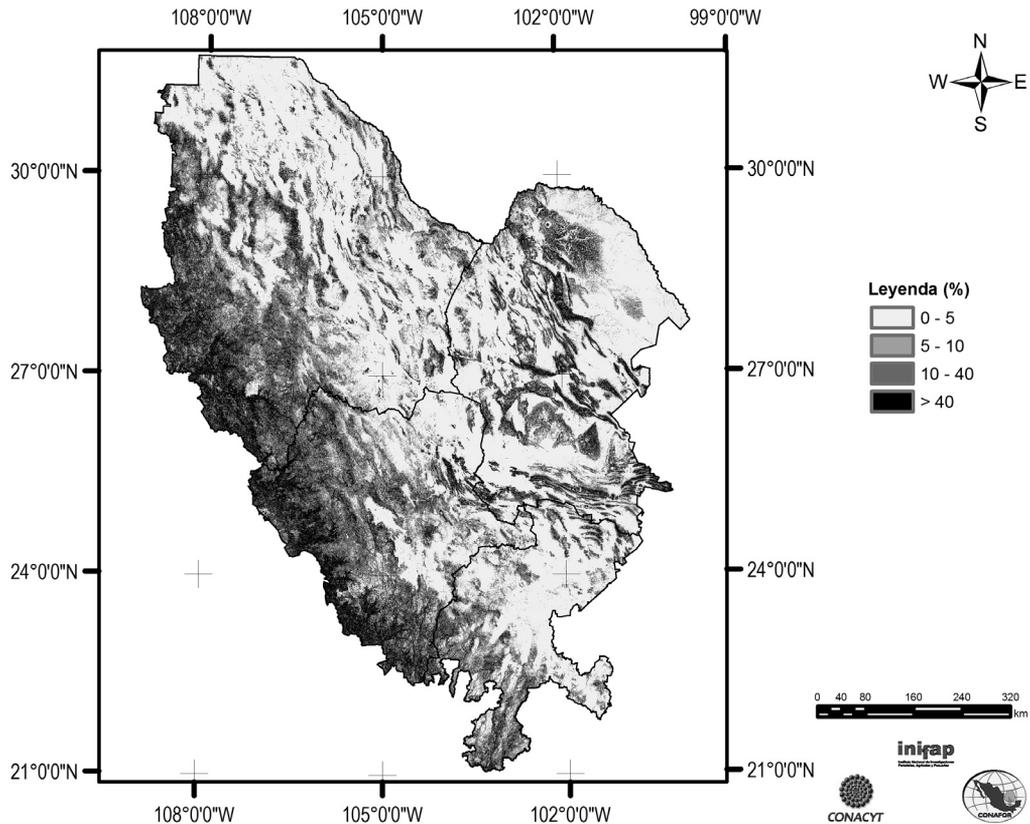


Figura 8.7. Topografía del terreno clasificado en metros sobre el nivel del mar en la región de estudio que comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.



**Figura 8.8. Topografía del terreno clasificado en pendientes, expresadas en porcentaje en la región de estudio que comprende los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.**

## CRITERIOS PARA GENERACIÓN DE POTENCIAL

En función de la información registrada en campo se establecieron parámetros que representan potencial para áreas mezquiteras categorizados en alto, medio y bajo para cada estado. Esta información está dirigida a la obtención de potenciales en función de cobertura del dosel ( $m^2$ ), altura (m) y densidad (individuos por ha). Los criterios han sido considerados en base a trabajos de investigación anteriormente realizados (Villanueva *et al.*, 2004; Osuna y Meza, 2003; Meza y Osuna, 2003) debido a que establecen cuales son las ventajas de aprovechamiento (carbón, leña o vaina) dependiendo de las características de la población de mezquite con base a densidad y cobertura aérea. En función a estos resultados y considerando la información obtenida en campo se determinaron las siguientes categorías:

**Cuadro 8.1. Criterios para el establecimiento del potencial de desarrollo natural para mezquite.**

Parámetro	Bajo	Medio	Alto	Aclareos
Densidad (individuos por hectárea)	< 150	150 - 278	278 - 800	> 800
Cobertura (m <sup>2</sup> )	< 4.0	4.0 – 9.0	> 9.0	

Finalmente, por medio de la extensión Spatial Analyst dentro de ArcGIS® 9.2 (Moreno, 2008a y 2008b, Jones y McCoy, 2001), se realizaron operaciones de sobreposición de mapas (álgebra de mapas) de cada uno de los temas de análisis (suelo, temperatura, precipitación, altitud); generándose así un tema especial que comprende las áreas óptimas para el desarrollo de mezquite de acuerdo a diferentes criterios ya establecidos en la literatura, en función de la información obtenida en campo.

### Potencial productivo

En el siguiente cuadro (8.2) se determinaron los parámetros que caracterizan a cada uno de los 8 sitios muestreados, se establecieron las categorías de acuerdo a la información generada en campo por cada sitio, obteniéndose la siguiente información que relaciona el Cuadro 8.1 con los valores de densidad y cobertura aérea determinados en campo.

**Cuadro 8.2. Valores de potencial de desarrollo natural en función de la información obtenida en campo para cada sitio muestreado en los cuatro estados.**

Sitio	Densidad Ind/ha	Cobertura m <sup>2</sup>	Potencial	
			Densidad	Cobertura
Aldama, Chih.	599	11.51	alto	alto
Satevó, Chih.	500	24.22	alto	alto
San Juan, Dgo.	402	20.22	alto	alto
Cuencamé, Dgo.	556	9.83	alto	medio
Río Grande, Zac.	389	16.10	alto	alto
Nieves, Zac.	177	20.99	medio	alto
San Pedro, Coah.	567	9.57	alto	medio
Viesca, Coah.	867	8.39	aclareo	medio

Con los valores de la tabla anterior, en donde se considera la información de los sitios muestreados se determinaron los parámetros de clima (temperatura máxima, mínima, media y precipitación)

edafológicas y del terreno (altitud y pendiente) de acuerdo a la ubicación de los mismos sitios, para establecer la selección de los parámetros que se utilizaron para el álgebra de mapas y obtención del mapa de potencial productivo para densidad de mezquite (Trucíos *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2008; Saucedo *et al.*, 2009; González *et al.* 2009), mismos que se pueden observar en el Cuadro 8.3.

**Cuadro 8.3. Parámetros de clima, suelo y topografía que expresan el potencial de densidad para mezquite en el área de estudio.**

Parámetro	Medio	Alto
Temperatura máxima	25.5 – 27.0	25.5 – 32.0
Temperatura mínima	7.5 – 9.0	9.0 – 12.5
Temperatura media	16.0 – 18.0	16.0 - 22.0
Precipitación	350 – 420	205 - 400
Altitud	1851 - 2069	1000 - 1850
suelos	Castañosem, Regosol y Xerosol	Feozem, Litosol, Regosol, Solonchak, Vertisol, Xerosol, Yermosol

En el cuadro 8.3, se puede observar que de los rangos definidos en los parámetros para cada tipo de potencial (medio y alto), solamente la altitud y la temperatura mínima generan una división en la separación de los dos tipos de potencial para mezquite en el área de estudio.

El resultado del álgebra de mapas (Figura 8.9) para densidad de población es una superficie de 13,588,555 ha de potencial alto y 524,237 ha con un potencial medio. En su mayoría el potencial alto se encuentra en el estado de Chihuahua con 7,594,409 ha, principalmente en su mitad oriente, seguido de Coahuila con 4,162,627 al poniente, sur y sureste del estado, y Durango con 1,636,075 ha al noreste. Por otra parte, el potencial medio se localiza en su mayor parte en el estado de Zacatecas con 424,980.91, es decir, el 81% de la superficie con potencial medio del área de estudio. La ubicación de las áreas anteriormente descritas tiene relación con la información generada por Rzedowski (1990), que a pesar de no especificar áreas con mezquite, si las delimita como áreas con matorral xerófilo.

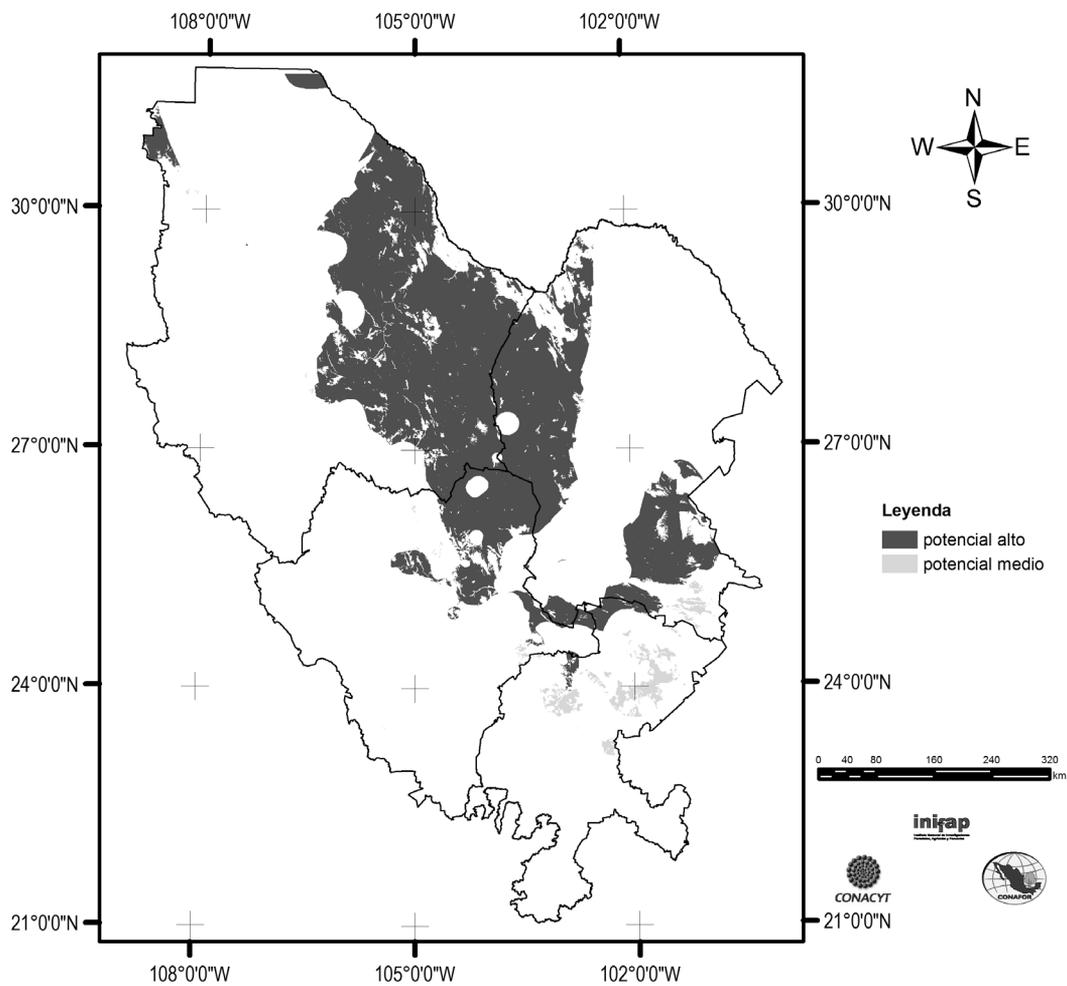


Figura 8.9. Potencial de densidad expresado en individuos por hectárea para mezquite en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.

**Cuadro 8.4. Parámetros de clima, suelo y topografía que expresan el potencial de cobertura aérea para mezquite en el área de estudio.**

<b>Parámetro</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
Temperatura máxima	28.1 – 35	25.5 - 28.0
Temperatura mínima	10.6 – 12.7	7.0 – 10.5
Temperatura media	19.6 – 22.5	16.0 – 19.5
Precipitación	150 – 299	300 - 450
Altitud	1100 – 1250	1250 - 2100
suelos	Regosol, Solonchak, Vertisol, Xerosol, Yermosol	Castañozem, Feozem, Litosol, Regosol, Solonchak, Xerosol

En el cuadro anterior existe una clara división en cada uno de los parámetros, solamente en el caso de tipo de suelo se tiene una amplia distribución de tipos de suelo que permiten el desarrollo de poblaciones naturales de mezquite.

Con respecto al potencial en cobertura aérea para poblaciones de mezquite, la sobreposición de información geográfica nos da una superficie de 7,061,183 ha de potencial alto y 844,254 ha con un potencial medio, lo cual es una superficie similar a la reportada por SEMARNAT (2009), como superficie potencial de mezquite para 1976 con 7,464,372 ha. A nivel estatal Chihuahua tiene una superficie de 3,832,729 con potencial alto y en segundo lugar el estado de Zacatecas en la parte norte con 1,900,611 ha. Las áreas de potencial medio en cobertura se concentran en su mayoría en la unión de los estados Chihuahua, Coahuila y Durango, que corresponde al área natural protegida “Reserva de la Biósfera de Mapimí”.

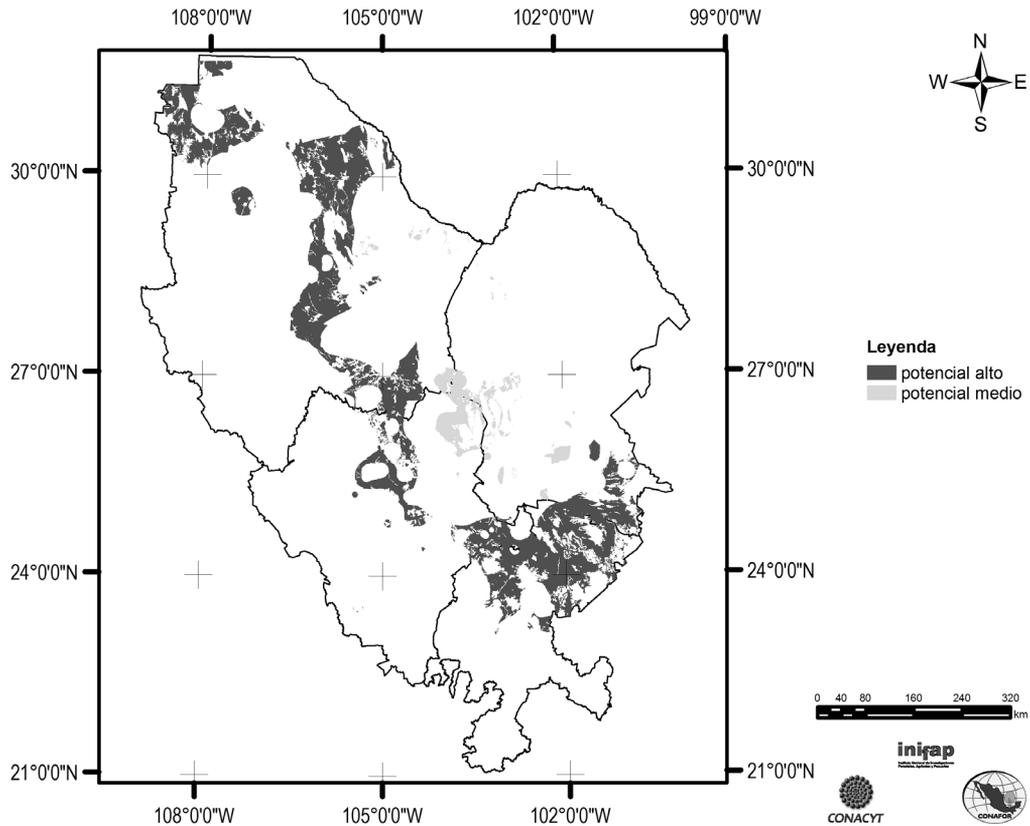


Figura 8.10. Potencial de cobertura aérea para mezquite en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Zacatecas.

## CONCLUSIONES

En la zona de estudio y de acuerdo a las características en campo donde se desarrolla el mezquite, se encontraron áreas para desarrollarse en los cuatro estados, pero principalmente en el estado de Chihuahua. La superficie referida alcanza más de 14 millones de ha, lo cual es una superficie equivalente a 7 veces la superficie que se reporta con la información de INEGI en la Serie III. Esto se considera relevante debido a que se conoce el potencial que tiene el mezquite en los diferentes productos y subproductos que de él se derivan.

También se tiene en esta área de estudio una amplia superficie con potencial de cobertura aérea para mezquite, sumando cerca de 8 millones de ha. Este potencial está relacionado con la cobertura del follaje, al tener mayor follaje, se tiene mayor potencial de producción de vainas lo cual también es un subproducto que tiene demanda como complemento en la alimentación de ganado caprino, principalmente.

Al igual que el ordenamiento del territorio permite una mejor toma de decisión en la proyección de crecimiento urbano y rural, esta herramienta permite tener mayores elementos en la toma de decisión para establecer el tipo de aprovechamiento potencial al cual consideramos someter nuestras poblaciones naturales de mezquite o en el caso de proponer el establecimiento de una plantación de la vegetación en cuestión.

## LITERATURA CITADA

- Alcantar R., J. J., J. Anguiano C., V. M. Coria A., G. Hernández R. y J. A. Ruiz C. 1999. Áreas potenciales para cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en el estado de Michoacán, México. Revista Chapingo. Serie horticultura, México, 1999 V58. pp. 151-154
- Arellano D., S. 1996. Determinación del potencial productivo del mezquite (*Prosopis spp*) en el municipio de San Juan de Guadalupe, Durango. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Durango. 102 p.
- Cañada T., M. 2008. Técnicas de interpolación geoestadísticas: kriging universal. pp. 865-880. In: R. Cañada T., R., B. Cervera C., F. Fernández G., N. Gómez G., P. Martínez S., A. Moreno J., M. E. Prieto F., J. A. Rodríguez E. y M. J. Vidal D. 2008. Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con Arcgis. Moreno J., A. (Coordinador) 2ª Edición. Alfaomega Ra-Ma. 911 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2005. "División Política Estatal". Escala 1:1,000,000. Metadato Extraído de Conjunto de Datos vectoriales topográficos y toponímicos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000). México.
- Díaz P., G., G. Medina G., J. A. Ruiz C. y V. Serrano A. 2008. Potencial Productivo del cultivo de canola (*Brassica napus L.*) en México ciclo primavera-verano. Publicación Técnica #3. INIFAP. Sitio experimental Teocelo. 46 p.
- Fernández G., F. 2008. Creación de nuevos mapas a partir del MDE. Aplicación de las funciones de análisis de superficies. pp. 629-648. In: R. Cañada T., R., B. Cervera C., F. Fernández G., N. Gómez G., P. Martínez S., A. Moreno J., M. E. Prieto F., J. A. Rodríguez E. y M. J. Vidal D. 2008. Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con Arcgis. Moreno J., A. (Coordinador) 2ª Edición. Alfaomega Ra-Ma. 911 p.
- Frías H., J., V. Olalde P. y J. Vernon C. (Editores). 2000. El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. pp. 95 – 107.
- González A., I. J., J. A. Ruiz C., R. A. Martínez P. K. F. Byerly M., L. Mena H., J. A. Osuna G. 2002. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el municipio de

- Jala, Nayarit. Folleto de Investigación Num. 9. SAGARPA-INIFAP Campo Experimental Santiago Ixcuintla. 49 p.
- González L., V., N. Saucedo R., G. Esquivel A., R. Trucios C. y J. Estrada A. 2009. Potencial productivo de *Atriplex canescens* en el área de influencia de Bermejillo, Durango. pp. 1008 - 1013. *In: Memoria XXI Semana Internacional de Agronomía*. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Centro de Convenciones "Fco. Zarco", Gómez Palacio, Durango, México. 1032 p.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2009. Extractor Rápido de Información Climática (ERIC III). Versión 3. CD room.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1990. Guías para la interpretación de cartografía. Edafología. Aguascalientes, México. 48 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2001. Diccionario de datos edafológicos (alfanumérico). Sistema Nacional de Información Geográfica. Aguascalientes, México. 48 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2009. Diccionario de datos edafológicos. Serie II. Aguascalientes, México. 35 p.
- Jones, C. and McCoy J. 2001. Geoprocessing in ArcGis Tutorial. Environmental System Research Institute, Inc. (ESRI). Wilson. North Carolina. USZ. 63 p.
- López M., J., J. Sánchez y R. Andressen. 2001. Comparación de varios métodos para la representación cartográfica de información climática en zonas altas del estado Lara. *Bioagro* 13(1): pp. 39-46.
- Maldonado A., L. J. y De la Garza P., F. E. 2000. El Mezquite en México: Rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. *In: Frías H., J., Olalde P., V. y E. J. Vernon C (Ed.) El mezquite árbol de usos múltiples*. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. pp. 37-50.
- Meza S., R. y E. Osuna L. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de Las Pocitas, B. C. S. Folleto Científico No. 3. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santo. INIFAP-SAGARPA. La Paz Baja California México. 52 p.
- Moreno J., A. 2008a. Las capas raster: conceptos básicos, tipos de tratamiento y visualización. pp. 593-618. *In: R. Cañada T., R., B. Cervera C., F. Fernández G., N. Gómez G., P. Martínez S., A. Moreno J., M. E. Prieto F., J. A. Rodríguez E. y M. J. Vidal D. 2008. Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con Arcgis*. Moreno J., A. (Coordinador) 2ª Edición. Alfaomega Ra-Ma. 911 p.

- Moreno J., A. 2008b. Operaciones locales. pp. 619-628. *In*: R. Cañada T., R., B. Cervera C., F. Fernández G., N. Gómez G., P. Martínez S., A. Moreno J., M. E. Prieto F., J. A. Rodríguez E. y M. J. Vidal D. 2008. Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con Arcgis. Moreno J., A. (Coordinador) 2ª Edición. Alfaomega Ra-Ma. 911 p.
- Moreno J., A. 2008c. Las capas raster: conceptos básicos, tipos de tratamientos y visualización. pp. 593-604. *In*: R. Cañada T., R., B. Cervera C., F. Fernández G., N. Gómez G., P. Martínez S., A. Moreno J., M. E. Prieto F., J. A. Rodríguez E. y M. J. Vidal D. 2008. Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con Arcgis. Moreno J., A. (Coordinador) 2ª Edición. Alfaomega Ra-Ma. 911 p.
- Osuna L., E. y R. Meza S. 2003. Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de Baja California Sur. Folleto Técnico Núm. 8. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México. 55 p.
- Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución espacial del complejo *Prosopis* (*Leguminosae*, *mimosoideae*) en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana. Septiembre. Numero 003 Instituto de Ecología A.C. Patzcuáro, México. pp. 7-19.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación Potencial. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4,000,000. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Saucedo R., N., G. Esquivel A., V. González L., J. Estrada A. y R. Trucíos C. 2009. Áreas de potencial del orégano *Lippia berlandieri* Schauer para producción en el ámbito de Bermejillo, Durango. pp. 852 – 858. *In*: Memoria XXI Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Centro de Convenciones “Fco. Zarco”, Gómez Palacio, Durango, México. 1032 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2009. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Edición 2008. 357 p.
- Trucíos C., R., R. Morán M. y J. G. Martínez R. 2003. Potencial productivo de algunas especies forrajeras en la Comarca Lagunera. pp. 212 – 218. *In*: Memoria XV Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. Centro de Convenciones “Fco. Zarco”, Gómez Palacio, Dgo. 853 p.
- Trucíos C., R., J. Estrada A., M. Rivera G., V. Guerra de la C. e I. Orona C. 2010. Sistemas de información geográfica de la cuenca del río Zahuapan. pp. 1-31. *In*: Manejo sustentable de los recursos naturales en el río Zahuapan, Tlaxcala. Estrada A., J. R. Trucíos C., J. Villanueva D., M. Rivera. G. y L. F. Flores L. (Ed.) INIFAP CENID-RASPA. Torreón, Coahuila, México. 206 p.

Villanueva D., J. 1993. Distribución actual y características ecológicas del mezquite (*Prosopis laevigata* H. & B. Johnst), en el estado de San Luis Potosí. Boletín Divulgativo No. 74 SAGAR-INIFAP. México. 36 p.

Villanueva D., J., R. Jasso I., G. González C., I. Sánchez C. y C. Potisek T. 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera. Alternativa de producción integral para ecosistemas desérticos. CENID- RASPA INIFAP. Folleto Científico n° 14. Gómez Palacio, Durango. 35 p.

Cartografía consultada:

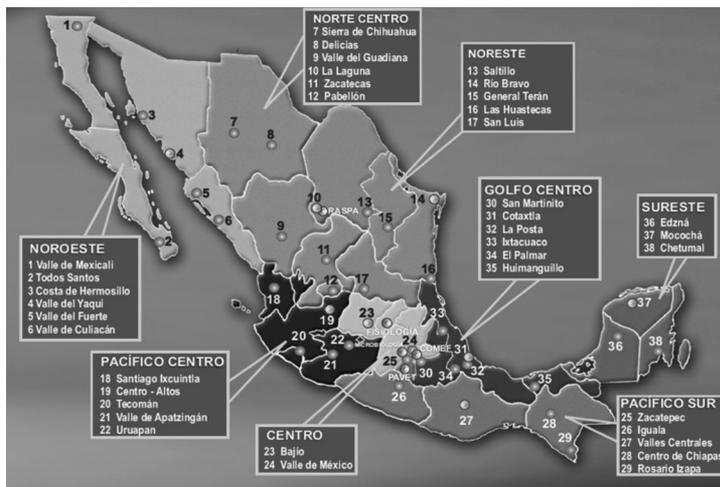
Cartas de Edafología de INEGI: H12-3, Agua Prieta; H13-1, Ciudad Juárez; H13-2, Porvenir; H12-6, Nacozari; H13-4, Nuevo Casas Grandes; H13-5, San Antonio El Bravo; H12-9, Madera; H13-7, Buenaventura; H13-8, Ojinaga; H13-9, Manuel Benavides; H14-7, Ciudad Acuna; H12-12, Tecoripa; H13-10, Chihuahua; H13-11, Ciudad Delicias; H13-12, San Miguel; H14-10, Piedras Negras; G12-3, Ciudad Obregón; G13-1, San Juanito; G13-2, Ciudad Camargo; G13-3, Ocampo; G14-1, Nueva Rosita; G14-2, Nuevo Laredo; G12-6, Huatabampo; G13-4, Guachochi; G13-5, Hidalgo del Parral; G13-6, Tlahualilo de Zaragoza; G14-4, Monclova; G13-7, Pericos; G13-8, Santiago Papasquiari; G13-9, Torreón; G14-7, Monterrey; G13-10, Culiacan; G13-11, Durango; G13-12, Juan Aldama; G14-10, Concepción del Oro; F13-2, El Salto; F13-3, Fresnillo; F14-1, Matehuala; F13-5, Escuinapa; F13-6, Zacatecas; F14-4, San Luis Potosí; F13-9, Aguascalientes; F14-7, Guanajuato.





Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

## Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



- ▣ Sede de Centro de Investigación Regional
- ▣ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
- ▣ Campo Experimental

## **Comité Editorial del CENID-RASPA**

**Presidente:** Dr. José Antonio Cueto Wong

**Secretario:** Dr. Miguel A. Velásquez Valle

**Vocales:** Dr. Juan Estrada Ávalos  
M. C. Miguel Rivera González

### **Revisores Técnicos**

Dr. José Villanueva Díaz

M.C. Ivo García Gutierrez

M.C. Miguel Rivera González

### **Edición y diseño:**

M. C. Aleida Hernández Antúnez

Ing. Alan J. Servín Prieto

Lic. Leticia Zamora Téllez

La presente publicación se terminó de imprimir en Diciembre de 2011 en la imprenta Carmona, Impresores. Calzada Lázaro Cárdenas No. 850, Col. Eduardo Guerra, Torreón, Coahuila.

Su tiraje fue de 1000 ejemplares

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA  
RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA-ATMÓSFERA**

**DR. JOSÉ ANTONIO CUETO WONG**

Director

**ING. ARMANDO ESTRADA GONZÁLEZ**

Jefe de Operación

**LIC. FLOR CARINA ESPINOZA DELGADILLO**

Jefe Administrativo

**PERSONAL INVESTIGADOR**

<b>Investigador</b>	<b>Red de Investigación e Innovación</b>
Catalán Valencia Ernesto Alonso	Modelaje
Cerano Paredes Julián	Servicios Ambientales
Chávez Simental Jorge Armando	Agua y Suelo
Constante García Vicenta	Servicios Ambientales
Estrada Ávalos Juan	Agua y Suelo
González Barrios José Luis	Agua y Suelo
González Cervantes Guillermo	Agua y Suelo
Inzunza Ibarra Marco Antonio	Agua y Suelo
Macías Rodríguez Hilario	Agua y Suelo
Muñoz Villalobos Jesús Arcadio	Agua y Suelo
Potisek Talavera María del Carmen	Agua y Suelo
Rivera González Miguel	Agua y Suelo
Román López Abel	Agua y Suelo
Sánchez Cohen Ignacio	Agua y Suelo
Trucíos Cacicano Ramón	Agua y Suelo
Valenzuela Núñez Luis Manuel	Servicios Ambientales
Velásquez Valle Miguel Agustín	Modelaje
Villa Castorena María Magdalena	Agua y suelo
Villanueva Díaz José	Servicios Ambientales









Vivir Mejor

[www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)  
[www.sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx)  
[www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx)

**inifap**

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias