



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE SUELOS



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

**GOMA DE MEZQUITE Y HUIZACHE COMO ALTERNATIVA DE
APROVECHAMIENTO EN SISTEMAS AGROFORESTALES**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

PRESENTA:

NIDIA SARAHÍ RESÉNDIZ FLORES

Junio, 2013.

Chapingo, Texcoco, Estado de México.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISION DE EXAMENES PROFESIONALES

**GOMA DE MEZQUITE Y HUIZACHE COMO ALTERNATIVA DE
APROVECHAMIENTO EN SISTEMAS AGROFORESTALES**

Tesis realizada por **Nidia Sarahí Reséndiz Flores** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

H. JURADO EXAMINADOR

DIRECTORA:



Dra. Rosa María García Núñez

CO-DIRECTOR:



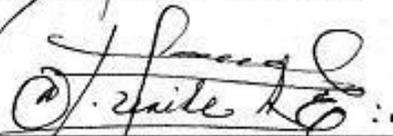
M.C. Miguel Ángel Hernández Martínez

ASESOR:



Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

ASESOR:



Dr. Miguel Uribe Gómez

DEDICATORIA

“Lo que puedas hacer o sueñas, inícialo. La audacia contiene genio, poder y magia”

Johann Wolfgang Goethe

(Escritor alemán, 1770-1832)

“Si hay un secreto del buen éxito reside en la capacidad para apreciar el punto de vista del prójimo y ver las cosas desde ese punto de vista así como el propio”

Henry Ford

(Industrial estadounidense, 1863-1947)

Dedico este trabajo a ese ser supremo en el que creo y que día a día es mi motor para levantarme, hacer y hacer, errar, corregir y continuar con esa voluntad inquebrantable.

En especial a mis padres (Miguelito y Titi), a mis hermanos (Nelly, Giovanni y Oswaldo) a mi familia entera (abuelita Mary, Tía Cheli, Tía Tere, Tía Charo, Hulk, primos: Christian, Erick, Eduardo, Daniel, Flor) a mis Amigos (Alix, Lilián, Vero, Rosalba, Laura, Héctor, Irene, Leo) quienes siempre han estado en las etapas buenas y malas de mi vida para animarme y confortarme, quienes me han apoyado e influido a que termine lo que inicio y a ser mejor personal y profesionalmente hablando.

A mi marido Francisco que me apoyo de manera invaluable en todo el proceso de investigación, por el amor que nos une y que me motivo para culminar satisfactoriamente este trabajo.

A la Universidad Autónoma Chapingo que me ha dado la oportunidad de formarme y que es el motor para que miles de estudiantes podamos ser profesionistas.

A todos ellos ofrezco este trabajo con mucho amor, respeto y admiración.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a la Universidad Autónoma Chapingo por formarme ética y profesionalmente, por la oportunidad de desarrollarme en este grado más de maestría.

A la Coordinación y a los profesores investigadores que compartieron sus conocimientos y apoyos brindados en la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

Al consejo Nacional de la Ciencia y la Tecnología (CONACYT) por el financiamiento durante los estudios realizados.

Al Centro Experimental del Bajío del Instituto de Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales (CEBAJ-INIFAP de Celaya, Guanajuato) por su incalculable apoyo para la realización y culminación de este proyecto de investigación, por darme la oportunidad de conocer y aprender más sobre sus quehaceres, por recibirme en pro de la investigación científica.

También agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG) por el apoyo recibido durante las etapas de esta investigación.

A los investigadores que forman mi Comité Asesor: Dra. Rosa María García Núñez, M.C. Miguel Ángel Hernández Martínez, Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez y al Dr. Miguel Uribe Gómez por brindarme su amistad, confianza y alentarme con su ejemplo y experiencia académica. Es un honor para mí trabajar con el apoyo de ellos, con sus valiosas aportaciones y observaciones.

A mi familia entera y amigos, les agradezco por sus consejos, apoyos, regaños, comentarios, sugerencias y demás aportaciones que son indescriptibles.

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad”

Albert Einstein

(Científico nacido en Alemania, nacionalizado estadounidense, 1879-1955)

DATOS BIOGRÁFICOS

Nidia Sarahí Reséndiz Flores nació en Texcoco de Mora, Estado de México el 01 de Octubre de 1983. Realiza su educación básica en el Centro Escolar “Netzahualcóyotl” (primaria: 1989-1995), Escuela Secundaria Oficial No. 130 “Netzahualcóyotl” (secundaria: 1995-1998), Escuela Preparatoria Oficial No. 100 (Nivel medio superior: 1998-2001). En el 2002 ingresa al Propedéutico de la Universidad Autónoma Chapingo en el Centro Regional Universitario de Zonas Áridas (URUZA). Para el año 2003 elige realizar sus estudios superiores en la División de Ciencias Económico Administrativas (DICEA) en la licenciatura en Comercio Internacional de Productos Agropecuarios (LCIPA) egresando en 2007, tuvo la oportunidad de realizar su estancia Pre-profesional en el Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA), motivo por el cual le interesa desarrollar su tesis titulada: “La posición competitiva del canal de Panamá y la construcción del tercer juego de esclusas: Reto para el Comercio Marítimo Mundial”, presentándola el 30 de Noviembre 2009.

Desde agosto, 2007 laboró en el Censo Agropecuario 2007 con el INEGI, para febrero del 2008 inicia como becaria de Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA) en la Agencia, Tulancingo, Hidalgo aprovechando esta oportunidad cursa el Diplomado en Agronegocios, también talleres sobre formulación y evaluación de Proyectos Nivel I y II y Valuación Rural Agropecuaria Básica y Avanzada. En marzo del 2009 es socia fundadora de Consultores CANEA SC de CV (Empresa de Servicios Especializados) en créditos, subsidios, elaboración de proyectos productivos de la SRA, SAGARPA y FONAES; acreditándose como técnico habilitado y como PSP.

Por intereses afines al medio en que se desarrolla de finanzas y de prestación de servicios profesionales al medio rural, desea estudiar la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible en enero 2011, desarrollando su investigación participa en las Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola Pesquera en Querétaro del 10 al 13 de septiembre del 2012, así como en el 1er congreso Internacional y 3er Congreso Nacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas el 22 y 23 de noviembre del mismo año.

GOMA DE MEZQUITE Y HUIZACHE COMO ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO EN SISTEMAS AGROFORESTALES

MESQUITE GUM AND HUIZACHE AS AN ALTERNATIVE USE IN AGROFORETRY SYSTEMS

Reséndiz Flores Nidia Sarah¹, García Núñez Rosa María², Hernández Martínez Miguel Ángel³, Leos Rodríguez Juan Antonio², Uribe Gómez Miguel².

RESUMEN

La goma de mezquite y huizache son una arabinogalactana proteica que comparte propiedades funcionales, como estabilizante y emulsificante, con la goma arábica de alta demanda industrial en el mundo. Este trabajo tuvo como objetivo primordial evaluar la obtención de goma de mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) y huizache (*Acacia farnesiana* L. Willd) con y sin aplicación de etileno, bajo condiciones de temporal para potenciar su uso múltiple en sistemas agroforestales de zonas áridas y semiáridas de México. Se utilizó un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones y 3 unidades de muestreo con 5 tratamientos donde se aplicó la dosis compuesta de 0.5 mL de agua destilada y 0.5 mL de etileno en tratamientos 2 y 3 (T2 y T3), éstos se aplicaron en marzo, se colectó goma en abril, mayo y junio. Los resultados muestran que en mezquite al realizar incisión en tronco principal y aplicación de 0.5 mL de etileno se obtuvo un rendimiento de 209.2 g; mientras que al realizar la incisión en rama secundaria con la misma dosis de etileno el rendimiento fue de 207.6 g. En huizache la incisión en tronco principal con dosis de etileno obtuvo rendimiento de 1076.7 g y en rama secundaria con aplicación de dosis tuvo una producción de 1049.5 g. No existe variabilidad entre los Bloques ($p \leq 0.05$), pero si variabilidad entre Tratamientos ($p \geq 0.05$), debido a que en los T1 (exudación natural), T4 (incisión en tronco principal) y T5 (incisión en rama secundaria) no presentaron rendimientos. Se realizó análisis químico proximal encontrándose en mezquite: humedad de 10.25 %, cenizas 2.63 %, Nitrógeno total 0.61 %, extracto etéreo 2.29 %, fibra 75 %, carbohidratos 5.96 % y taninos 0.27 %. En huizache: humedad 12.65 %, cenizas 3.69 %, nitrógeno total 1.32 %, extracto etéreo 2.95 %, fibra 70.22 %, carbohidratos 2.20 % y taninos 0.15 %. La goma de estas dos especies representan un excelente sustituto de goma arábica ya que tienen potencial similar e incluso mejor. Se concluye que los T2 y T3 son los que obtuvieron rendimientos superiores y en especial para *Acacia farnesiana* y se recomienda implementar T3 en estas dos especies para un mejor aprovechamiento en sistemas agroforestales de la región del Bajío Guanajuato.

PALABRAS CLAVE: mezquite, huizache, zonas áridas y semiáridas, sistema agroforestal, goma.

KEYWORDS: mesquite, huizache, arid and semi-arid zones, agroforestry systems, gum.

ABSTRACT

Mesquite [*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. Ex Willd.) MC. Johnst] and huizache (*Acacia farnesiana*) gum is an arabinogalactan protein used as a stabilizer and emulsifier. It shares functional properties with arabic gum, which is highly demanded by the food industry around the world. This study was conducted primarily to evaluate methods of obtaining mesquite and huizache gum, with and without application of ethylene under rainfed conditions, with the aim of enhancing its multiple uses in agroforestry systems in arid and semiarid regions of Mexico. We used a randomized block design with 3 replications and 3 sampling units with 5 treatments. The dose applied consisted of 0.5 mL distilled water and 0.5 mL ethylene in treatments 2 and 3 (T2 and T3). These were applied in March and the gum was collected in April, May and June. The results show that when the incision was made on the mesquite main trunk with application of 0.5 mL of ethylene, yield was 209.2 g, while incision on the secondary branch with the same dose of ethylene yielded 207.6 g was produced. With huizache, a yield of 1076.7 g was obtained when an incision was made to the main trunk and dose of ethylene was used, while a yield of 1049.5 g was obtained when incision and dose application were on secondary branches. There was no variability among blocks ($p \leq 0.05$), but there was between treatments ($p \geq 0.05$). Since in the T1 (Natural exudation), T4 (incision in the main trunk) and T5 (incision on secondary branch) there was no yield, a proximal chemical analysis was performed on mesquite, finding 10.25 % moisture, 2.63 % ashes, 0.61 % total nitrogen, 2.29 % ether extract, 75 % fiber, 5.96 carbohydrates and tannins 0.27 %, while in huizache 12.65 % moisture, 3.69 % ashes, 1.32 % total nitrogen, 2.95 % ether extract, 70.22 % fiber, 2.20 % carbohydrates and 0.15 % tannins were found. The gum of these two species is an excellent substitute for arabic gum as it has similar, or even greater, potential. We concluded that T2 and T3 are those with higher yields, especially *Acacia farnesiana* and we recommend implementing T3 on these two species to enhance their use in agroforestry systems in the Bajío Region of Guanajuato.

¹ Responsable de la Tesis. Alumno de MADS

² Profesor investigador de la UACh y del programa de MADS

³ Investigador del CEBAJ-INIFAP

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	IV
DATOS BIOGRÁFICOS.....	V
RESUMEN - ABSTRACT.....	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 General	4
2.2 Específicos.....	4
3. HIPÓTESIS.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Recursos naturales renovables en regiones áridas y semiáridas.....	6
4.2 Productos forestales no maderables en México.....	9
4.3 Árboles y arbustos de uso múltiple en zonas áridas y semiáridas.....	15
4.4 Arbustivas Nativas de Guanajuato	17
4.4.1 El mezquite como árbol de uso múltiple.....	20
4.4.1.1 Descripción botánica.....	21
4.4.1.2 Clasificación Taxonómica	22
Según Jones, 1987 es la siguiente:	22
4.4.1.3 Zonas de distribución.....	23
4.4.1.4 Importancia y usos	24
4.4.1.5 Método de propagación y manejo.....	26
4.4.2 El huizache como árbol de uso múltiple	27
4.4.2.1 Descripción botánica.....	27
4.4.2.2 Taxonomía	28

4.4.2.3	Zonas de distribución.....	29
4.4.2.4	Importancia y usos	30
4.4.2.5	Método de propagación y manejo.....	33
4.5	Goma arábica	34
4.5.1.1	Descripción	35
4.5.1.2	Estructura y características	35
4.5.1.3	Propiedades.....	36
4.5.1.4	Importancia, usos y aplicaciones	38
4.6	Gomas de mezquite y huizache	40
4.6.1.1	Descripción de goma de mezquite.....	40
4.6.1.2	Características y análisis de goma de mezquite (GM).....	41
4.6.1.3	Usos de la goma de mezquite	42
4.6.1.4	Descripción de goma de huizache	42
4.6.1.5	Características y análisis de goma de huizache (GH).....	43
4.6.1.6	Usos de la goma de huizache.....	44
4.7	Comercio e industrialización de las gomas: arábica, de mezquite y huizache..	44
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	48
5.1	Localización y características generales del área experimental	48
5.1.1	Clima.....	49
5.1.2	Suelo.....	50
5.2	Manejo de la plantación y unidades experimentales	50
5.3	Diseño experimental y análisis estadístico.....	55
5.4	Aplicación de tratamientos	56
5.5	Colectas de gomas: mezquite y huizache	58
5.5.1	Sistema de producción con tratamiento hormonal (etileno)	60

5.6	Análisis de las gomas: mezquite y huizache	60
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
6.1	Cantidad de goma de mezquite.....	64
6.2	Cantidad de goma de huizache	64
6.3	Análisis estadístico	65
6.4	Análisis químico proximal de la goma de mezquite y huizache	66
6.5	Rendimiento de etileno para la producción de goma de mezquite y huizache..	69
6.6	Comparación de Goma de mezquite y huizache del CEBAJ en Celaya versus Goma de Mezquite en Sonora.....	69
6.7	Comparación de Análisis químico proximal de goma de mezquite y huizache versus goma arábica.....	71
7.	CONCLUSIONES	76
8.	RECOMENDACIONES	78
9.	LITERATURA CITADA.....	80

Índice de cuadros

Cuadro 1. Distribución de tratamientos.	55
Cuadro 2. Clasificación manual de las Gomas de Mezquite y Huizache.....	61
Cuadro 3. Producción de Goma de Mezquite.	64
Cuadro 4. Producción de Goma de Huizache.	64
Cuadro 5. ANOVA de Goma de Mezquite (GM).....	66
Cuadro 6. ANOVA de Goma de Huizache (GH).....	66
Cuadro 7. Variables y Métodos realizados para el Análisis Proximal.....	67
Cuadro 8. Composición química proximal de la Goma de mezquite y huizache.	68
Cuadro 9. Estimado de rendimiento de Goma de Mezquite en Sonora.	70
Cuadro 10. Composición Química Proximal de Goma de Mezquite de Sonora.....	71
Cuadro 11. Estándares de la Goma Arábica.	74
Cuadro 12. Comparativo de Parámetros de Goma de Mezquite, Goma de Huizache y Goma arábica.	74

Índice de figuras

Figura 1. Mezquite	22
Figura 2. Zona de distribución de mezquite (<i>Prosopis laevigata</i>).....	23
Figura 3. Huizache	29
Figura. Zona de distribución de huizache (<i>Acacia farnesiana</i>).	30
Figura 5. Goma arábica.....	35
Figura 6. Localización del área del CEBAJ INIFAP.	48
Figura 7. Diagrama ombrotérmico de Celaya, Guanajuato.....	49
Figura 8. Lote 26 del área experimental agroforestal del INIFAP-CEBAJ con los 3 bloques de Mezquite.	51
Figura 9. Lote 34 "Arboretum" del área experimental del INIFAP-CEBAJ con los 3 bloques de Huizache.	52
Figura 10. Dimensiones de los bloques experimentales del mezquite y del huizache.....	53
Figura 11. Observación y medición de altura y diámetro de unidades experimentales...54	
Figura 12. Diseño de Bloque al Azar en mezquite.....	56
Figura 13. Etiquetado e incisión.	57
Figura 14. Procedimiento de preparación y aplicación de tratamientos.	58
Figura 15. Colecta de Goma de mezquite (GM), Goma de Huizache (GH) y Proceso de secado.....	59
Figura 16. Pesado y registro de goma de mezquite y de goma de huizache.	59
Figura 17. Clasificación manual de las gomas.....	61
Figura 18. Laboratorio de Biotecnología. Análisis de goma de mezquite y de goma de huizache.....	62
Figura 19. Deslave de goma de mezquite y de goma de huizache.....	63
Figura 20. Rendimiento de la producción de Goma de Mezquite y Huizache.	65
Figura 21. Goma de Mezquite en Sonora.	70
Figura 22. Purificación de la Goma de Mezquite y Huizache.	73

1. INTRODUCCIÓN

Los Productos Forestales No Maderables constituyen un recurso que ha sido ignorado por los tomadores de decisiones, ya que existen grandes dificultades para desarrollar sistemas de plantación, producción, aprovechamiento y cosecha, así como de mecanismos para incentivar su comercialización y uso sustentable.

Las comunidades arbustivas de las regiones áridas y semiáridas han sido denominadas en conjunto como matorral xerófilo y ocupan alrededor del 40 % de la superficie del país (Rzedowski, 1978), la cantidad de especies utilizadas como no maderables es muy reducida, sin embargo existe un gran potencial y diversidad de especies que se pueden utilizar como alternativa económica sustentable de desarrollo para los pobladores.

El uso de las especies que constituyen este tipo de vegetación es diverso, ya que se utilizan para fines de construcción, como cercas vivas, como combustible, como textiles, ornato, medicinales y alimenticias entre otros. Algunas especies han sido objeto de explotación intensiva con fines de comercio e industrialización provocando fuertes repercusiones en la densidad natural de este tipo de ecosistemas y eventualmente poniendo en riesgo de extinción a algunas especies. Aunado a esto, algunas especies resultan sin ningún tipo de valor para muchos de los poseedores del recurso, por lo que realizan remociones indiscriminadas de muchas de ellas.

El aprovechamiento adecuado de los recursos naturales renovables, es uno de los problemas que más han preocupado y preocupan al hombre en la actualidad, de ahí la necesidad de reconocer con amplitud todos y cada uno de los usos que puedan

proporcionar las especies en la actualidad y en el futuro, y enfocar los problemas relacionados con su manejo y conservación (Gómez, 1970).

Por tanto los árboles de uso múltiple constituyen uno de los componentes esenciales para diseñar cualquier sistema agroforestal, por lo que es importante conocer las especies nativas de cada región, tal es el caso de las zonas áridas y semiáridas del país, considerando el clima y el suelo en los que se desarrollan y son adaptables. El mezquite(*Prosopis laevigata*) y el huizache(*Acacia farnesiana*),son dos de las especies más frecuentes y sobreexplotadas en ciertas regiones áridas y semiáridas de nuestro país, de las cuales se puede obtener una gran cantidad de productos múltiples como la harina, miel, goma, carbón, uso medicinal, artesanal, y forrajero entre otros. Estas especies se pueden aprovechar en forma racional, buscando alternativas de manejo mediante investigaciones que permitan definir usos adecuados, por medio de programas de fomento, conservación y explotación de dichas especies, a través de las políticas gubernamentales lo que permitiría influir en el modo de vida de los habitantes de éstas zonas (Dávila, 1982).

El aprovechamiento de la goma de mezquite y del huizache, podría ser una alternativa viable para mejorar los ingresos de muchas de las comunidades, ya que la goma representa uno de los productos más importantes en la industria cosmética, medicinal y alimenticia del país, que podría reducir la alta demanda de goma arábiga, además no se tiene que cortar el árbol completo para su aprovechamiento. Actualmente, la goma de mezquite y huizache es obtenida en el norte del país, en forma empírica recolectando solo la goma exudada de forma natural, no se aplica ningún método silvícola para su cultivo. Por lo que, en esta investigación se plantea implementar un sistema de

recolección de la goma con el apoyo de un tratamiento hormonal a base de etileno que estimula la fisiología del árbol, teniendo como resultado una mayor aceleración en la secreción de goma en una plantación agroforestal en el INIFAP-Campo Experimental Bajío de Celaya Guanajuato.

Lo mencionado anteriormente potencializa el uso de las resinas de *P. laevigata*. y *A. farnesiana* como sustituto de la goma arábiga que actualmente es usada en el mercado como conservador natural de alimentos, con la desventaja que es exportada de Sudáfrica lo que representa alza en los costos de producción de los alimentos donde es utilizada. Kader *et al.*, (2002) ha realizado estudios de composición bioquímica de la goma arábiga versus la goma de *Acacia spp.* y *Prosopis spp.* encontrando similitudes importantes en cuanto a su composición y propiedades físicas.

Así, la presente investigación plantea revalorizar el enorme potencial de estas dos especies nativas, como cultivo agroforestal en ambientes semiáridos y áridos, ya que en muchas de las ocasiones el huizache es considerado como una planta invasora y no deseada en muchos de los hábitats donde se desarrolla. Por lo que, al plantear procedimientos de aprovechamiento, como las diferentes formas de extraer la goma, se plantearan alternativas para revalorar estas especies por los habitantes de las comunidades donde se desarrollan como el centro del país.

Con los resultados del presente estudio se pretende generar tecnología de bajo costo para la extracción de goma mezquite y huizache; y con ello, proporcionar una alternativa de desarrollo productivo en sistemas agroforestales y en zonas de temporal.

2. OBJETIVOS

Los objetivos planteados para el presente trabajo son:

2.1 General

- ✿ Evaluar la obtención de goma de mezquite (*Prosopis laevigata*) y huizache (*Acacia farnesiana*) con y sin aplicación de etileno, bajo condiciones de temporal para potenciar su uso múltiple en sistemas agroforestales de zonas áridas y semiáridas de México.

2.2 Específicos

- ✿ Cuantificar la cantidad de goma obtenida de mezquite y huizache, mediante la aplicación de etileno, para conocer su rendimiento.
- ✿ Determinar el análisis químico proximal de las gomas de mezquite y huizache para conocer su calidad.
- ✿ Definir criterios para potencializar y revalorizar el uso de mezquite y huizache como estrategia agroforestal.

3. HIPÓTESIS

La producción de goma de mezquite y huizache se incrementa con la aplicación de etileno en condiciones de cultivo de temporal.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

México es el tercer país más grande de América latina, después de Brasil y Argentina. Tiene una extensión de 1 972 547 km², de los cuales la superficie forestal, tierras semiáridas, arbustos y tierras deforestadas cubren casi el 70 % de la superficie del país. La vegetación de México tiene una importancia ambiental relevante, no sólo para el país sino para el mundo. Con más de 50 millones de ha de bosques, de los cuales la mitad son bosques tropicales mixtos y la otra mitad bosques templados, cuenta con una extraordinaria riqueza de flora y fauna. En virtud de su localización donde diversos ecosistemas, templado, subtropical y tropical se combinan, con un amplio rango de altitudes y precipitación. De hecho, México tiene 32 tipos de macro vegetación variando desde desiertos hasta vegetación alpina y selvas tropicales, dando como resultado un enorme potencial de recursos forestales tanto maderables como no maderables (Aguilar, 1992). Los recursos naturales son los bienes que nos proporciona el medio natural, necesarios para el sostenimiento de la vida humana y toda nuestra compleja civilización. Cuando se extraen recursos naturales o se emiten contaminantes al medio de forma tan rápida que éste no puede restablecer el equilibrio, se desencadena un proceso de sobreexplotación. Se denomina recursos potenciales a aquellos que actualmente no se aprovechan, pero que pueden utilizarse en el futuro si existe demanda social o si el progreso tecnológico permite su explotación (González, 2001). Por ejemplo, extracción de mineral a partir de las escombreras de las minas o el caso de los Productos Forestales No Maderables (PFNM) como los son las hojas, tallos, gomas, frutos, flores que tienen un uso pero no sobreexplotado y altamente demandado como los productos maderables.

4.1 Recursos naturales renovables en regiones áridas y semiáridas

Los recursos naturales renovables son aquellos elementos proporcionados por la naturaleza sin intervención del hombre y que pueden ser aprovechados por el hombre para satisfacer sus necesidades. Cuya existencia no se agota por la utilización de los mismos. Esto puede ocurrir por dos motivos:

1- Porque su utilización no modifica su stock o su estado de los mismos: energía solar, energía eólica, energía hidráulica, energía biotermal, etc.

2- Porque se regeneran lo suficientemente rápido para que puedan seguir siendo utilizados sin que se agoten: peces, bosques, biomasa en general, etc. Este tipo de recursos naturales renovables pueden dejar de ser renovable si se les utiliza en exceso. Por ejemplo, la pesca excesiva está llevando a que el número de ejemplares de ciertas especies disminuya con el tiempo, es decir, que la tasa de explotación es mayor que la tasa de regeneración. Lo mismo sucede con los bosques nativos. (Anzil, 2009).

Según la bióloga Flores (2011), las zonas áridas y semiáridas de México ocupan más de la mitad del territorio, y poseen una gran cantidad de recursos naturales que se podrían explotar para la industria, la medicina y otros ámbitos, son las menos estudiadas. Aquí se encuentran los centros de origen y diversificación de grupos de plantas como las cactáceas, las agaváceas, y las crasuláceas, entre otras.

Los análisis realizados hasta el momento muestran que, si bien en este tipo de ecosistemas no hay mucha riqueza de especies por kilómetro cuadrado, y que la flora al sur de la nación es más variada por sus condiciones de humedad y temperatura, tienen

una alta tasa de endemismo; es decir, hay gran número de plantas que sólo existen en el país o al sur de Estados Unidos, que biogeográficamente es una región natural continua.

Se estima, por ejemplo, que a nivel de los matorrales xerófilos, característicos de nuestras zonas áridas y semiáridas en donde predominan las plantas suculentas, hay seis mil especies, cantidad mayor a las que habitan las selvas húmedas de México en su conjunto (Flores, 2011).

Otro tipo de vegetación es el pastizal o zacatal, que a pesar de su apariencia sencilla, alberga una alta proporción de endemismo. Los de origen natural han sido fuente fundamental para la alimentación del ganado, y a estos se suman los secundarios o inducidos por actividades ganaderas. En suelos salinos y yesosos, comunes en zonas áridas y semiáridas en los perímetros referidos, éstos predominan, pero también se desarrollan matorrales con una rica diversidad.

Flores (2011), mencionó que es probable que la diversidad de géneros que habitan esas áreas, no es muy alta, porque muchas tienen 200, otras hasta 500, mientras que en el Eje Neovolcánico y el sureste de México hay algunas hasta con 1130 géneros. “Lamentablemente, hasta el momento estas zonas son las menos estudiadas de nuestro territorio; las cálido-húmedas han sido más exploradas por personal académico del Instituto de Biología de la UNAM, y de otras instancias de investigación”, indicó la investigadora.

De hecho, las áridas y semiáridas de México han sido más analizadas por los extranjeros, sobre todo por investigadores del sur de Estados Unidos, donde están las extensiones más grandes de estos entornos.

Científicos de universidades de California, Arizona, Nuevo México y Texas, tienen a su alcance estas biotas y, además, cuentan con mayores recursos humanos y económicos, por lo que han tenido más acceso. Por determinadas causas, “incluso ilegales”, han explorado y conocido estas regiones, de tal manera que sus colecciones tienen mayor representatividad del norte de nuestro territorio, que las nuestras (Flores, 2011).

Sin embargo, para los investigadores nacionales llegar a las regiones citadas no es fácil, pues se requiere dedicar tiempo, esfuerzo y recursos económicos en hospedaje, alimentación, peajes, gasolina; en contra parte, para los vecinos del norte, están más al alcance, Por ello, conocen más la flora mexicana, aunque nosotros tenemos acceso a información, colecciones y contribuciones, pero nos falta explorar sitios, no sólo áridos, en general hay muchas regiones inexploradas.

La especialista en sistemática de familias de Caryophyllidae, sobre todo amarantáceas y quenopodiáceas, florística de suelos salinos y yesosos, e historia de la botánica, comentan que también se requieren estudios para saber cómo responderán las plantas ante el cambio climático y los problemas de desertificación.

No obstante, uno de los principales inconvenientes que padece este tipo de ecosistemas es el saqueo clandestino, perpetrado por quienes extraen y comercializan los recursos naturales a Estados Unidos y Europa, principalmente.

Es necesario, añadió la bióloga Flores (2011), aplicar criterios de conservación para preservarlos. Son fascinantes por las formas de vida que contienen y con múltiples usos potenciales a través de compuestos secundarios como resinas, gomas y ceras que cubren sus hojas y tallos, entre otros compuestos; además, “son comunidades fabulosas dentro

de la diversidad vegetal de México, que tenemos que conservar por su importancia biológica”

En cuanto a vegetación xerófila y pastizales, aún hay áreas en buenas condiciones, sobre todo en Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo león y Tamaulipas, así como en el desierto del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. En algunas de ellas, incluso, se promueve una especie de ecoturismo, lo que revela que se pueden preservar y, al mismo tiempo, obtener un beneficio económico para sus comunidades, concluyó (Flores, 2011).

4.2 Productos forestales no maderables en México

Estos productos son particularmente importantes para aquellas comunidades con un nivel de vida cercano al de subsistencia y sin acceso a los mercados. El bosque produce una amplia variedad de plantas y animales utilizados en la vida tradicional y campesina: (a) alimentos que complementan la dieta o generan pequeños ingresos de efectivo incluyendo: hongos, frutas, nueces, raíces, hojas y animales para caza; (b) plantas medicinales y especies utilizadas tanto en forma doméstica o para venderse en los mercados locales; (c) materiales para utensilios domésticos y para la construcción incluyendo: maderas para muebles y viviendas, materiales para techos y pisos, charolas y silos; (d) combustible para cocinar y para empresas de pequeña escala; y (e) extracción comercial de chicle y resinas en áreas limitadas de México.

Los Productos Forestales No Maderables (PFNM) que van desde el chicle y la resina hasta hongos, plantas ornamentales y medicinales son muy importantes en México, a

pesar de que la mayor parte del comercio de los mismos permanecen en el sector informal. Estimaciones sugieren que el valor económico total de estos productos podría llegar a exceder el valor de los productos maderables y su aprovechamiento podría crecer sustancialmente sin efectos nocivos ambientales (FAO, 1996).

En nuestro país actualmente se expiden autorizaciones para el aprovechamiento de alrededor de 80 PFNM, siendo los más conocidos la resina de pino, el chicle, el barbasco, la palma comedor, la pimienta, el orégano, la candelilla, la lechuguilla, los hongos silvestres y la tierra de monte. Dependiendo del producto por obtener, se aprovecha la raíz, el tallo, las hojas, secreciones, fibras y en ocasiones toda la planta (FAO, 1995).

La situación actual de los PFNM ofrece un panorama general de sobreexplotación de un número limitado de productos que han sido tradicional o ampliamente comercializados como son el chicle, hongos, resinas y orquídeas, combinado con una subutilización de productos menos conocidos. El impacto negativo del manejo inadecuado de los PFNM se manifiesta en tres formas. La primera es la pérdida de oportunidad para concretar su potencial para contribuir a aliviar la pobreza rural y asegurar la suficiencia alimentaria. El incremento del uso de los PFNM ofrece un potencial para generar mayor ingreso para los hogares rurales y proveer suplementos valiosos para la dieta en algunas épocas del año. La segunda es que la exclusión de los PFNM de los beneficios que aporta el bosque motiva la deforestación, porque los bosques son subvalorados en relación con otros usos de suelo. Un factor importante para la conversión forestal ha sido siempre la subvaloración, donde la exclusión de valores atribuidos a los PFNM hace que los bosques parezcan ser formas mucho menos competitivas de uso de la tierra que la

agricultura. En algunas áreas, la conversión de los bosques a terrenos agrícolas ha ocasionado una seria degradación y erosión del suelo. Una mejor comprensión del papel de los PFSM podría revertir este proceso. La tercera es que la sobreexplotación de PFSM muy selectos podría estar conduciendo a la pérdida de biodiversidad y degradación ambiental. Es importante mencionar que en México, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) creó un Programa de Conservación Comunitaria de la Biodiversidad (COINBIO) con el fin de contribuir a la conservación de áreas rurales e indígenas con alta biodiversidad, por lo que dentro del marco del Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México (PROCYMAF) se cuenta con Catálogos de Información de Productos Forestales No Maderables (PFSM) de bosques templados, bosques tropicales y zonas áridas y semiáridas en seis estados prioritarios (Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca). El objetivo de estos catálogos es funcionar como una base de datos que sirva de soporte para el desarrollo de propuestas técnicas de proyectos y se puedan consultar en internet. El aprovechamiento de los PFSM está ligado a la demanda del mercado internacional ya que gran parte de estos productos son de exportación, teniendo fuertes presiones por la utilización de productos sustitutos.

Producción

Los registros de PFSM comprenden una gran variedad de materiales, sustancias y materias primas. Destacando en primer lugar por su cantidad aprovechada la resina de pino, siguiendo en este orden la producción de fibras, ceras y otros. La producción anual se ha mantenido más o menos estable en los últimos años, variando de las 66 a 75 000 t por año (FAO, 1995).

Regulación

De acuerdo a la nueva ley forestal, los PFSNM están regulados por las normas oficiales mexicanas que regulan su aprovechamiento, transporte y almacenamiento. Dichos ordenamientos tienen por objetivo facilitar a los productores los trámites para el uso de sus recursos, garantizando un rendimiento sostenido, de acuerdo a las normas oficiales. En el caso de los productos con aprovechamiento comercial, se requiere de una notificación elaborada por un profesional forestal, el cual es corresponsable, junto con el dueño, de dar cumplimiento a la normatividad. Dicha notificación debe contener una evaluación del recurso, además de especificar los métodos de manejo y las condiciones que deben prevalecer en el predio después de la cosecha.

Para el caso de los productos cuyo aprovechamiento es con fines de autoconsumo, éste se realiza con una notificación de los productores, respetando las restricciones señaladas para cada producto. (FAO, 1995).

Importancia económica

De acuerdo al depósito de documentos de la FAO (1995), ha estimado que los bosques templados mexicanos con aproximadamente 613 especies de plantas útiles, podrían generar 1,17 millones t de biomasa, con un valor de mercado de \$ 528 millones de dólares y los bosques tropicales con 574 taxas de plantas usadas localmente, podrían generar 1,6 millones t de material vegetal con un valor comercial de \$ 729 millones de dólares en el mercado regional. A pesar de que los precios de mercado están reflejados a través de pequeños volúmenes comercializados, resalta la importancia de estos productos en la economía formal e informal de México.

En los mercados locales las plantas medicinales, la más importante categoría en los bosques mexicanos alcanza un valor de \$ 6 a 23 dls kg⁻¹ mientras que algunas especies de hongos alcanzan un valor de hasta \$ 100 dls kg⁻¹. En el mercado internacional de hierbas al norte de México, los precios de un ingrediente medicinal son en promedio de \$ 41 dls kg⁻¹. El valor de las plantas medicinales que se manejan en la ciudad de México podría exceder a los \$ 1 000 millones de dls año⁻¹. Pero no solamente las plantas medicinales tienen alto valor, los hongos comestibles de los bosques templados del centro de México, alcanzan precios de \$ 7 a 12 dls kg⁻¹ y una ha de bosque de oyamel puede producir \$ 575,2 dls año⁻¹. El chuchupate, una hierba aromática perenne de los lugares húmedos del bosque de pino-encino, se vende por más de \$ 8 dls kg⁻¹ en el mercado regional y alcanza a \$18 dls en la ciudad de México. La producción de chicle de Yucatán tiene un valor comercial de \$ 2,8 millones de dls año⁻¹. El comercio informal de plantas ornamentales es también importante. La palma camedor por sí sola genera cerca de \$ 20 millones de dls a los mercados locales de México. Muchas de las semillas y hojas consumidas en los Estados Unidos provienen de lugares silvestres de México, y muchas otras especies son recolectadas en el campo y embarcadas a otros países. El valor económico del comercio formal e informal de cerca de 296 plantas medicinales y ornamentales alcanza los \$ 1 500 millones de dls pero aun así, esta cifra subestima el valor total de los PFNM ya que las especies comercializadas y consumidas podrían llegar a 1 500 y el valor comercial por este gran número podría exceder los \$ 7 000 millones de dls año⁻¹ (FAO, 1995).

Política de desarrollo

Los bosques, las selvas y zonas áridas de México constituyen una de las mayores riquezas naturales de nuestro país. Son el hábitat de una enorme variedad de flora y fauna silvestres; eslabones ecológicos fundamentales para el clima y disponibilidad de recursos hidrológicos en el país y también son proveedores de materias primas para actividades industriales ligadas con la producción de bienes básicos para la población.

Bajo esta óptica, podemos señalar que el gobierno de México, para preservar tan importante recurso, ha emitido en el presente siglo, cinco leyes forestales para regular el recurso forestal, las cuales en forma secuencial han constituido avances en su tiempo y circunstancia.

En las condiciones actuales de un México en plena transformación, que exige la apertura hacia una economía de mercado, era necesario adecuar la legislación del campo mexicano a las necesidades económicas y sociales que vive el país. Así, se reforma el Artículo 27 de la Constitución y se expide una nueva ley agraria, que ha eliminado los obstáculos más importantes para la capitalización del campo y revitalización del sector, al dar seguridad a la pequeña propiedad forestal y permitir la libre asociación entre ejidatarios y comuneros, y entre éstos y empresarios e industriales. En este contexto, resultó indispensable complementar el renovado marco jurídico agrario con la expedición de una nueva ley forestal, que sienta las bases para impulsar el bienestar de los pobladores de bosques, selvas y zonas áridas, y promueva el desarrollo de la industria forestal, y que a la vez proteja la calidad ambiental y la biodiversidad.

Así, en la nueva ley en la materia publicada en diciembre de 1992, que de hecho establece la plataforma para desarrollar la actividad silvícola del siglo XXI, destacan los siguientes 5 aspectos:

1. Mantiene el equilibrio entre la función productiva y ambiental de los recursos forestales.
2. Desregula y simplifica la actividad productiva, y se establecen mecanismos prácticos para la regulación de los aprovechamientos forestales, que no limitan la operatividad del proceso.
3. Crea un ambiente de seguridad para el desarrollo de la oferta y demanda de productos forestales.
4. Contempla la vinculación con el código penal federal para la aplicación de severos correctivos por ilícitos forestales.
5. Fortalece el esquema de colaboración y corresponsabilidad con los gobiernos de los Estados y sociedad civil en general, para la protección, conservación y desarrollo del recurso (FAO, 1995).

4.3 Árboles y arbustos de uso múltiple en zonas áridas y semiáridas

Su definición más aceptada es: toda planta leñosa cultivada deliberadamente, capaz de aportar con más de una función o servicio en un sistema de uso de la tierra. (Burley, 1984), es el concepto clave en agroforestería, y la agroforestería no existe sin los árboles de uso múltiple.

Las premisas para nominar a una especie como tal son: a) Toda leñosa perenne es un árbol de uso múltiple (AUM) circunstancialmente, b) No toda leñosa perenne puede ser un AUM para todo Sistema Agroforestal (SAF) y c) las funciones de un AUM dependen de las demandas del SAF (Wood, 1993). Esquemáticamente, las funciones de los AUM son: frutales, forraje, madera y leña; siendo las más importantes: leña y forraje. Otros productos (o sub-productos) son: fibra, medicina, aceites, resinas, gomas, etc., y algunas funciones contemporáneas: biorremediación, captura de carbono, desecación, provisión de agua, preservación de la biodiversidad, fijación de nitrógeno, etc.

En las zonas áridas y semiáridas se encuentran más de 3,000 especies de las cuales son pocas las que se aprovechan en la herbolaria y otras en actividades productivas. Dentro de estas últimas se encuentran las siguientes: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), orégano (*Lippia graveolens*), guayule (*Pharbitium argentatum*), gobernadora (*Larrea tridentata*), yuca (*Yucca carnerosana*) principalmente, que han constituido una importante fuente de ingresos de las familias de estas zonas. La cantidad de productos obtenidos de estas especies es muy amplia y diversa, y sus usos van desde el ámbito doméstico al industrial, un ejemplo de esto último es la candelilla cuyo producto, la cera de candelilla, tiene una gran variedad de usos en diferentes ramas industriales (cosméticos, lubricantes, chicles, abrillantadores y pinturas entre otras). Otras especies, como el guayule, fueron usadas intensamente por la industria entre los años 1920 a 1945, para obtener hule de origen natural, sin embargo tiempo después fue sustituido por hule sintético al no poder competir con los volúmenes de hule que la industria requería, además de la disminución significativa de sus poblaciones (Hernández, 1995).

El uso de estas especies se ha dado por periodos con grandes fluctuaciones de ventas en el mercado, por lo que la incertidumbre sobre el proceso de producción ha sido una constante hasta la actualidad. Aunque de la mayoría de las especies mencionadas es posible obtener más de un producto comercializable, la producción se centra en uno solo, por lo que se vuelve más susceptible a variaciones de mercado (Hernández, 1995).

4.4 Arbustivas Nativas de Guanajuato

En el estado de Guanajuato la vegetación nativa, con sus productos maderables y no maderables, ha sustentado el desarrollo de los sectores productivos, y ha brindado servicios ambientales a todos sus pobladores (Terrones *et al.*, 2004), es lamentable que los sitios donde aún existe tan importante vegetación se encuentren hoy en día severamente deteriorados y contaminados, situación que favorece el riesgo de que desaparezcan especies nativas de inigualable valor (SEMARNAT, 2004; Blanco *et al.*, 2000; Arrache, 2000; SARH, 1994; Guerrero, 1998).

Es por ello que le la ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente se promueve la delimitación de áreas naturales protegidas y se fomenta la restauración de tierras degradadas, sitios donde sería factible iniciar la plantación diversificada de aquellas especies que aún siguen explorándose.

En este territorio durante todas las épocas de la historia se han talado especies arbustivas de los diversos tipos de vegetación (matorral xerófilo, pastizal semidesértico, mezquitera, selva baja caducifolia y bosque de pino encino).Terrones *et al.* (2004). La recolecta de las distintas partes de las arbustivas se ha realizado con fines comerciales o

de autoconsumo: follaje, frutillas, néctar, polen, semillas o vainas, como alimento para humanos y animales domesticados o componentes de danzas tradicionales ; troncos y madera, esenciales para la construcción, fabricación de carreteras, decoración de iglesias, cimbras de minas, sillas de montar, esculturas, utensilios del hogar y herramientas; leña, resinas y carbón, como fuente de combustibles en la extracción de minerales, la alfarería, la preparación de alimentos, el alumbrado y la movilidad de ferrocarril; ramas, raíces y frutos, como medicina indispensable en el control de epidemias y enfermedades tanto de animales como de humanos; colorantes, fibras y taninos vegetales, importantes componentes de la industria textil, cerámica y curtiduría; y plantas completas, como ornamentales, para delimitar linderos, proteger viviendas y controlar erosión (Terrones *et al.*, 2004).

Es desalentador conocer que durante más de 400 años se ha explotado irracionalmente la gran biodiversidad de las especies que componen la vegetación nativa del estado, y esa diversidad biológica se ha mermado aún más con políticas de reforestación que inician en el siglo XX, las cuales dan preferencia al uso de especies de otros países (por ejemplo eucaliptos y casuarinas de origen australiano) y a la plantación de grandes extensiones con una sola especie (monocultivos con agave). Terrones *et al.* (2004). Esta agresión a la biodiversidad y las pocas acciones para restaurar zonas deterioradas del estado de Guanajuato han traído como consecuencia el actual desequilibrio ecológico, la alteración del ciclo del agua, la infertilidad de los suelos y el casi exterminio de la fauna silvestre, entre otros. Cabe señalar que la disminución de la cobertura vegetal propicia áreas caracterizadas por temperaturas extremas, sin capacidad de infiltrar el agua de lluvia a los mantos acuíferos y tierras expuestas a la erosión del suelo.

En contraparte, es sorprendente saber que aún existen pobladores responsables en comunidades rurales, con alta marginalidad social, que reconocen el valor ambiental y que en forma personal han resguardado algunas arbustivas, extintas del paisaje natural.

Los primeros antecedentes del uso de arbustivas nativas en Guanajuato datan desde el establecimiento de la cultura de Chupícuaro (ubicada en el vértice de la unión de los ríos Coroneo y Lerma), desarrollada del año 400 antes de nuestra era hasta el año 200, caracterizada por su destreza en extraer y aplicar pigmentos naturales en alfarería y fibras vegetales y en elaborar instrumentos musicales (Terrones *et al.*, 2004). Sin embargo, se puede asegurar que la mayor explotación de recursos derivados de la vegetación nativa y la posterior contaminación de cuencas hidrológicas con metales pesados se inicia durante las épocas de la conquista y la colonia; en particular desde 1550, cuando los españoles derrotan a los Chichimecas, principales pobladores del estado, en busca de la explotación de las minas de plata. En esa guerra inicia también la erosión del conocimiento indígena sobre el uso y manejo de recursos naturales (Challenger y SEMARNAP, 1998).

La tecnología utilizada en la minería durante tres siglos se basó en el uso intensivo de madera, resina, leña y carbón extraídos de la vegetación nativa (arbustivas de mezquiteras, bosques de pinos y encinares) situación que dio origen al actual paisaje desertificado del norte del estado. Por otro lado, la urbanización y la creciente demanda de alimentos propiciaron la apertura de grandes extensiones de tierra para agricultura y ganadería en El Bajío y en la zona norte. Este cambio en el uso del suelo implicó otra disminución del área cubierta por vegetación nativa (pastizal semidesértico y selva baja caducifolia) y afectó la hidrología del estado, sobre todo cuando se construyeron grandes

presas para extender la superficie con la agricultura de riego. Esta situación provocó la actual concentración de la agricultura de temporal y agostaderos en 1.8 millones de ha (60 % de la superficie estatal, que son 3.05 millones de ha) en su mayoría infértiles, expuestas a un alto riesgo de siniestros climatológicos y parte de ellas abandonadas (SEMARNAT, 2004).

Esta problemática ambiental ha sido motivo de preocupación de académicos e investigadores, a quienes en las últimas décadas se les ha impulsado a centrar sus estudios en proyectos que impacten la productividad económica del sector agropecuario y forestal, pero se les ha limitado el apoyo financiero para realizar estudios dirigidos a la generación de conocimientos que permitan fundamentar las actividades forestales del estado. Por lo que es necesario profundizar en Sistemas Agroforestales con arbustivas, que representan la supervivencia de habitantes en vastas zonas rurales del estado, pero además tienen un enorme potencial de aprovechamiento por los sectores industrial y urbano. Es importante reconocer que solo el compromiso permanente de las instituciones del sector forestal, e involucrando a la población puede promover la generación de empleo, la educación ambiental, la conservación *in-situ* y el desarrollo económico a mediano plazo en Guanajuato (Terrones *et al.*, 2004).

4.4.1 El mezquite como árbol de uso múltiple

Desde épocas remotas, el mezquite (*Prosopis spp.*) ha constituido un recurso valioso para los habitantes de zonas áridas, quienes encontraron en él múltiples beneficios, ya que todas las partes de la planta son susceptibles de ser utilizadas. Ha sido considerado árbol de uso múltiple (CONAZA, 1994).

4.4.1.1 Descripción botánica

Según Terrones *et al.*, (2004), el mezquite es un arbusto o árbol espinoso, perenne, que llega a medir de 12 a 14 m de altura, de acuerdo con la profundidad del suelo. **Raíz.** Su raíz principal puede alcanzar hasta 50 m de profundidad, para llegar al manto freático de agua subterránea: sus raíces laterales se extienden en un radio hasta de 15m, **Tronco/Ramas.** Tronco leñoso, de corteza oscura o negruzca: ramas flexuosas, formando una copa esférica o deprimida. Las ramas tiernas son espinosas y con frecuencia carecen de hojas. **Hojas.** Son compuestas (con el limbo subdividido), bipinnadas, con 12 o 15 pares de folíolos oblongos o lineares de 5 a 10 mm de largo, más o menos persistentes pero caducas en invierno. Los nuevos nacen desde marzo hasta mayo y permanecen hasta diciembre. **Flores.** Son muy pequeñas de color amarillo verdoso, agrupadas en inflorescencias en racimos en forma de espiga; producen un aroma y néctar agradable que atrae a los polinizadores. Son hermafroditas, de simetría radiada (actinomorfas), con 5 sépalos, 5 pétalos y 10 estambres; o varios súperos, unilocular, unicarpelar y de placentación parietal; el estigma es cóncavo. Florece durante un corto período que se inicia en febrero – marzo y termina en abril – mayo. **Fruto.** Los frutos son vainas o legumbres alargadas, rectas o arqueadas, de 10 a 30 cm de longitud, de color paja a rojizo violáceo. El mesocarpio contiene una pulpa gruesa y esponjosa de sabor dulce; contiene de 12 a 20 semillas. La fructificación se extiende de mayo a agosto y se cosecha de agosto a octubre. **Semilla.** Es de forma oblonga o aplastada, dura; su color varía de café claro a oscuro. La diseminación de las semillas es zoófila y endozoica, es decir, su dispersión se hace por medio del tracto digestivo de animales.

4.4.1.2 Clasificación Taxonómica

Según Jones, 1987 es la siguiente:

División: *Tracheophyta*

Clase: *Angiospermas*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Fabales*

Familia: *Leguminosae (Mimosoideae)*

Género: *Prosopis*

Especie: *Prosopis laevigata* (H. &B. ex Willd.) M.C. Johnst.



Figura 1. Mezquite

4.4.1.3 Zonas de distribución

El *Prosopis laevigata* (Humb. y Bonpl.) M.C. Johnston es oriundo de regiones áridas y semiáridas del sur y sureste de los Estados Unidos y México. Es un árbol o arbusto que se encuentra en forma natural formando parte del matorral espinoso o Selva baja espinosa subcaducifolia, así como en laderas riolíticas o en terrenos aluviales con vegetación muy alterada. Se localiza en el centro y sur de México, en los estados de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas (Dávila, 1983).

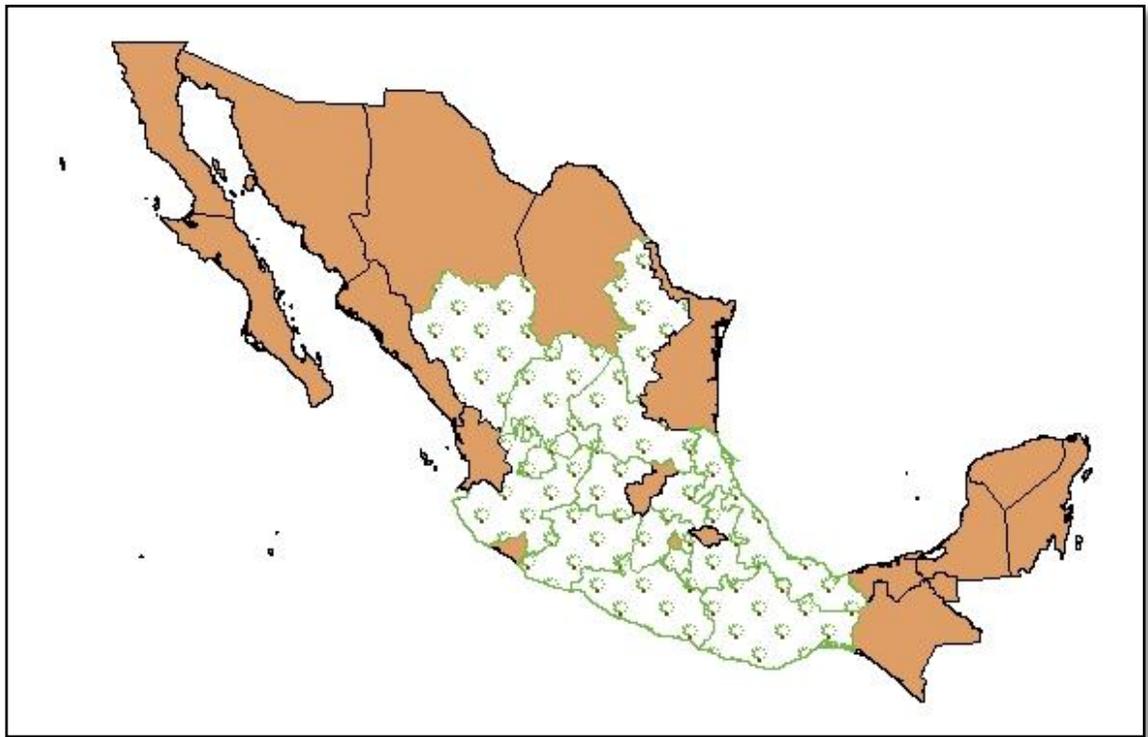


Figura 2. Zona de distribución de mezquite (*Prosopis laevigata*).

Elaboración propia con ArcGIS 9, Arcmap versión 9.3, 2008.

4.4.1.4 *Importancia y usos*

El mezquite fue un recurso de primordial importancia para los primeros habitantes de las zonas áridas y semiáridas debido a los diferentes usos que cada grupo le daba. Estos pueblos nómadas, que vivían de la recolección y la caza, conocieron la utilidad del mezquite como alimento, combustible, sombra, planta medicinal y para la elaboración de diversos utensilios y juguetes. Ya en el siglo XIX se le encontraron otros usos como: forraje, carbón, apicultura, extracción de gomas y material para la construcción de viviendas. Todos ellos han continuado a lo largo del siglo XX, lo cual ha hecho del mezquite un recurso de gran importancia para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas del país (Cervantes, 2006).

Todas las partes de la planta son utilizables y, entre los usos más comunes, se encuentran los siguientes:

Maderable. La madera del mezquite se utiliza ampliamente en la elaboración de muebles. Se estima una producción de 1.33m³ por ha de madera en árboles plantados a 10 m de distancia (Villanueva, 1993). También se fabrica duela, parquet y hormas para zapatos a escala industrial

Herramientas y construcción. En diversas comunidades rurales del estado de Guanajuato se elaboran mangos de herramientas agrícolas así como postes para cercos.

Ceremonial. Árbol de sombra considerado sagrado por los Chichimecas. En el *códice Tuduelase* dice que donde hay un mezquite el maíz fructificará.

Industrial. La corteza, que contiene de 6 a 7 % de taninos, se utilizó como curtiente vegetal por los curtidores de Guanajuato; en la actualidad México importa tanino vegetal con un arancel de 10 %. La goma de sus troncos puede incorporarse a alimentos procesados para aumentar su fibra y utilizarse como agente emulsionante para proteger pigmentos en presencia de luz (Adame *et al.*, 2000).

Combustible. El tronco y ramas son fuente de leñas y son la materia prima para la elaboración de carbón por su alto poder calorífico; tiene potencial como biomasa combustible.

Comestible. El fruto se consume en fresco o hervido, por su alta cantidad de azúcar y proteína. Mezquites plantados a 10 m de distancia pueden producir 1.6 toneladas de vaina por hectárea. Con las vainas secas y pulverizadas se elabora harina dulce con la que se prepara pinole, pan tortillas, atole, piloncillo, entre otros productos.

Melífera. La floración ocurre en febrero- abril; un árbol puede aportar néctar para que las abejas elaboren 1 kg de miel de buena calidad.

Medicinal. La corteza se usa para el tratamiento de diarrea y reumatismo. La raíz mascada o en infusión se recomienda para reducir el dolor de garganta y afianzar la dentadura; para desinflamar los párpados se ponen fomentos del cocimiento de brotes u hojas (SEMARNAP, 2000).

Forrajero. El follaje y las vainas las consumen todo tipo de ganado, sobre todo durante la sequía o escasez de otros forrajes; presentan 13 y 12 % de proteína cruda, respectivamente (Ramírez *et al.*, 2000). La harina obtenida de las vainas de mezquite se mezcla con maíz molido, alfalfa, zacate, salvado, alfalfa molida, pasta de cacahuete o linaza en una proporción del 20 a 60 % del total de la mezcla que se usa para forraje (ICRAF, 2002).

Servicio ambiental. Ayuda a controlar la erosión, infiltra agua de lluvia, mejora los suelos con su hojarasca, fija nitrógeno a los suelos, alimento para la fauna silvestre, cortina rompe vientos, seto vivo, ornamental, estabiliza bancos de arena y rehabilita zonas mineras.

4.4.1.5 Método de propagación y manejo

Según Terrones *et al.* (1994), la colecta de semillas se realiza de Julio a noviembre con un número promedio de semillas por kilogramo de 12500.

Limpieza de frutos o semillas. Cosechar vainas maduras, remojarlas y frotarlas dentro de un costal para poder extraer la semilla, se sugiere rodar encima un objeto pesado. Extender bajo malla sombra y mediante el uso de pinzas o con la mano para separar la vaina y la nuez que envuelven las semillas. Almacenar a temperatura ambiente en un lugar fresco.

Tratamiento Pre germinativo. Remojar en agua a 80°C por 4 min, cambiar el agua por agua a temperatura ambiente y dejar remojando por 24 horas. Sembrar a una profundidad de dos veces el tamaño de la semilla y cubrirla con arena.

Manejo en vivero. Antes de la emergencia se realizan riegos ligeros todos los días y después cada tercer día si es necesario. Se han logrado del 80 % a los 25 días de la siembra (abril), se han observado daños del 53 % a las semillas de mezquite causados por coleópteros *Mimosestes protactu*, *Algarobius atratus*, y *A.johnsoni* (Salas *et al.*, 2000). Las plántulas alcanzan un altura de 38.5 cm en promedio a los 14 meses en el vivero. Se recomienda podar a 35 cm de altura para promover la lignificación y engrosamiento del tallo y eliminar las ramas basales para tener un solo fuste antes del trasplante al lugar definitivo. Este género presenta nódulos de bacterias fijadoras de nitrógeno en sus raíces en condiciones de vivero.

4.4.2 El huizache como árbol de uso múltiple

La *Acacia farnesiana* o huizache es un árbol mexicano de gran valor, que tiene una importante capacidad de adaptación en distintos territorios y que cuenta con bellas flores de aroma excepcional. El árbol es muy común en el paisaje mexicano por lo que muchos escritores nacionales lo han descrito y utilizado en sus obras, entre ellos, Mariano Azuela y Rafael Delgado. Huizache es también el nombre de muchos sitios o poblados de la república y es tan frecuente encontrarlo y tan popular, que algunos compositores han usado su nombre para titular sus canciones o nombrarlo en sus coplas.

No obstante la legendaria dignidad y aprecio que nuestro pueblo le ha otorgado a esta especie, sobre todo en el pasado, actualmente se le considera como flora nociva en muchos sitios en donde, a menudo, ganaderos y agricultores la desprecian, rechazan y agreden. A pesar de ello, en el extranjero este árbol es muy valorado y bien explotado.

4.4.2.1 Descripción botánica

Según Terrones *et al*, 2004: **Forma**. Arbusto espinoso o árbol pequeño, perennifolio subcaducifolio, de 1 a 2 m de altura la forma arbustiva y de 3 a 10 m la forma arbórea, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 40 cm. **Copa/Hojas**. Copa redondeada. Hojas plumosas, alternas, frecuentemente aglomeradas en las axilas de cada par de espinas, bipinnadas, de 2 a 8 cm de largo incluyendo el pecíolo, con 2 a 7 pares de folíolos primarios opuestos y 10 a 25 pares de folíolos secundarios.

Tronco/Ramas. Tronco corto y delgado, bien definido ramificado desde la base con numerosos tallos. Ramas ascendentes y a veces horizontales, provistas de espinas de 6 a 25 mm de longitud. **Corteza.** Externa lisa cuando joven y fisurada cuando vieja, gris plomiza a gris parda oscura, con abundantes lenticelas dispuestas en líneas transversales. Interna crema amarillenta, fibrosa, con marcado olor y sabor a ajo. Grosor total: 5 a 6 mm **flor(s).** En cabezuelas de color amarillo, originadas en las axilas de las espinas, solitarias o en grupos de 2 a 3. Muy perfumadas, de 5 mm de largo; cáliz verde, campanulado, papiráceo de 1.8 mm de largo; corola amarillenta o verdosa, de 2.3 mm de largo. Sus brillantes flores están apiñadas en bolas densas y mullidas y con frecuencia cubren el árbol en forma tal que éste da la sensación de una masa amarilla. **Fruto(s).** Vainas moreno rojizas, semiduras, subcilíndricas, solitarias o agrupadas en las axilas de las espinas, de 2 a 10 cm de largo, terminadas en una punta aguda, valvas coriáceas, fuertes y lisas, tardíamente dehiscentes. Permanecen en el árbol después de madurar. **Semilla(s).** Semillas reniformes, de 6 a 8 mm de largo, pardo-amarillentas, de olor dulzón y con una marca linear en forma de "C". La testa de la semilla es impermeable al agua (Méndez, 2009).

4.4.2.2 *Taxonomía*

Según Rzedowski, (2001), la taxonomía del huizache (*Acacia farnesiana*) queda de la siguiente manera:

División: *Tracheophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Fabales*
Familia: *Leguminosae (Mimosoideae)*
Género: *Acacia*
Especie: *Acacia farnesiana* (L.) Willd.



Figura 3. Huizache

4.4.2.3 Zonas de distribución

Su área de distribución es heterogénea. En la vertiente Pacífica: desde el sur de Sonora hasta Chiapas y de manera discontinua en la vertiente Atlántica. Altitud: 36 a 1,500 (2,500) m. en los estados de: Aguascalientes, Baja California Norte y Sur, Campeche, Chihuahua, Chiapas, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo león, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Puebla, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Yucatán, Veracruz, Zacatecas. (Ver Figura 4).



Figura 4. Zona de distribución de huizache (*Acacia farnesiana*).

Elaboración propia con ArcGIS 9, Arcmap versión 9.3, 2008.

4.4.2.4 Importancia y usos

Especie Secundaria. Elemento importante de la vegetación secundaria que sucede al bosque tropical caducifolio. Forma asociaciones densas llamadas “huizachales”. Indicadora de sitios perturbados. El huizache tiene potencial para ocupar un rango de distribución más amplio que el actual. En Morelos es un componente facultativo del estrato superior de los mezquitales o bosques de *Prosopis*. En el suroeste de Puebla un matorral denso de *A. farnesiana* se establece como comunidad secundaria en los suelos profundos, cuyo clímax corresponde al bosque de *Prosopis* y *Pithecellobium*.

Esta especie es utilizada de diversas formas entre las que destacan las siguientes:

Artisanal [madera]. Artículos torneados.

Adhesivo [fruto (cáscara)]. La goma que emana del tronco se usa como sustituto de la goma arábiga y se utiliza como mucílago. el jugo de las vainas inmadura se utiliza para pegar porcelana rota.

Aromatizante [fruto (cáscara)]. El aceite esencial se obtiene de las flores por maceración en manteca de cacao o en aceite de coco. Tiene olor a violetas y se usa para perfumar pomadas, polvos, roperos, ropa. Por su aceite se cultiva extensamente en Francia, India, etc. Su principal utilidad radica en el uso del aceite o esencia en la industria de la perfumería.

Colorantes [exudado]. Las flores y frutos contienen pigmentos que se usan para teñir telas de seda y papel tapiz. La vaina pulverizada y hervida produce un líquido negro que puede ser utilizado como tinta.

Combustible [madera]. Leña y carbón. Tiene combustión lenta y alto contenido calórico.

Comestible (fruta, bebidas, dulces, semilla, aceite, verdura) [pedúnculo, semilla, hoja]. Las hojas se usan como condimento.

Construcción [madera]. Construcción rural.

Cosmético/higiene [fruto]. Corteza y vainas ricas en tanino que se usa en curtidurías para curtir y teñir cueros y redes. Las vainas del fruto contienen 12 a 18 % de taninos.

Forrajero [hoja, vástago, fruto, semilla]. Las hojas, vainas, flores y vástagos se emplean como forraje para ganado vacuno y caprino, especialmente durante el invierno. El follaje y la corteza tienen un olor desagradable y se dice que pasa un mal sabor a la leche. Toda la planta es hospedera de insectos.

Implementos de trabajo [madera]. Implementos agrícolas, mangos para herramientas (hacha).

Insecticida/tóxica [corteza, fruto (cáscara)]. Las raíces tienen olor fuerte y se usan como antídoto de venenos. El polvo de las semillas se unta en los cascos de los caballos para liberarlos de parásitos. El extracto de hoja se usa para protección contra la roya del frijol.

Maderable [madera]. Postes, cercas, muebles, fabricación de paraguas y marcos finos, aserrío. Uso potencial: parquet.

Medicinal [fruto, semilla, hoja, corteza]. El conocimiento de las flores se usa como remedio en casos de dispepsia. De las flores se hace un unguento que se usa como remedio para el dolor de cabeza. Con el fruto verde, que es muy astringente, se prepara una infusión para las inflamaciones de la piel y de las membranas mucosas (fuegos, hemorragias) y para calmar trastornos del sistema nervioso. Raíz (cocimiento): disentería, tuberculosis y dolor de abdomen. Tallo: estado bilioso, evacuaciones amarillas, ictericia, dolor de muelas. Las hojas secas y pulverizadas, se aplican como vendaje en las heridas. Planta: astringente en medicina casera, fiebre tifoidea, hemorragias, problemas menstruales, artritis y dolores reumáticos, tónico digestivo, diarrea, irritación de mucosas, conjuntivitis y malaria.

Servicio ambiental. Estas plantas favorecen la infiltración de agua de lluvia, controlan la erosión, regeneran suelos, reducen la contaminación ambiental, sirven de cercos vivos, como ornamentales y de refugio y alimento de fauna silvestre (Rzedowski, 2001).

4.4.2.5 Método de propagación y manejo

Según Terrones *et al.* (2004). La Colecta de semillas es de septiembre a junio con 11,000 Semillas por kilogramos.

Limpieza de frutos o semillas. Se colectan las vainas maduras, y se dejan secar bajo malla sombra. Para recuperar la semilla se golpean dentro de una bolsa de polietileno o se rompen las vainas con una pinza o piedra. Almacenar a temperatura ambiente en un lugar fresco.

Tratamiento Pre germinativo. La semilla se deposita en un frasco forrado con lija (granulo grueso) el cual se agita durante 5 min; posteriormente se deposita en una cacerola con agua que se lleva a fuego y se deja ahí la semilla durante 30min. Enseguida se le cambia el agua (a temperatura ambiente) y deja remojando por 24 horas. Existe otro tratamiento que es la abrasión mecánica. Ésta consiste en frotar las semillas sobre una lija de esmeril, teniendo cuidado de no lesionar al embrión. Calor húmedo, sumergir las semillas en agua hirviendo de 10 a 20 min, abrasión química, sumergir las semillas en ácido sulfúrico concentrado durante 60 min, sembrar a una profundidad de tres veces el tamaño de la semilla y cubrir con arena.

Manejo en vivero. Antes de la emergencia se realizan riegos ligeros todos los días y después cada tercer día si es necesario. Se han logrado del 80 % a los 25 días de la siembra (marzo). En Guanajuato se han identificado insectos (coleópteros) que perforan las vainas de las acacias para depositar sus huevecillos, los cuales al eclosionar dañan las semillas, lo que provoca un menor porcentaje de germinación. A los cuatro meses en los 4 meses en el vivero las plántulas alcanzan una altura de 30 cm en promedio. Se recomienda poda de formación para obtener un solo fuste y mantener una altura de 35 cm antes del trasplante a zonas deterioradas (Terrones *et al.*, 2004).

4.5 Goma arábica

La goma arábica (denominado E-414 en la industria alimenticia dentro de los Números E y *Acacia gum* según la lista de aditivos de la Unión Europea) es un polisacárido de origen natural que se extrae de la resina de árboles subsaharianos (*Acacia senegal* y *Acacia seyal*) como parte del proceso de cicatrización de éstos conocido como gummosis. Esta resina de color ámbar se recolecta normalmente a mano una vez seca. EMPROVE, (2010) la goma arábica es la secreción gomosa desecada de las ramas y troncos de la *Acacia senegal* o de otras especies de acacias de la familia de las Fabáceas (antes denominadas leguminosas).

4.5.1.1 Descripción

Según Calvo, (1999). Son lágrimas esferoidales de hasta 32 mm de diámetro o fragmentos angulosos de colores blancos o blanco amarillentos, translúcidos, más o menos opacos debido a la presencia de pequeñas fisuras numerosas. Son quebradizas, la rotura es brillante y ocasionalmente iridiscente, casi sin olor. Es muy soluble en agua a temperatura ambiente, pero es insoluble en alcohol.

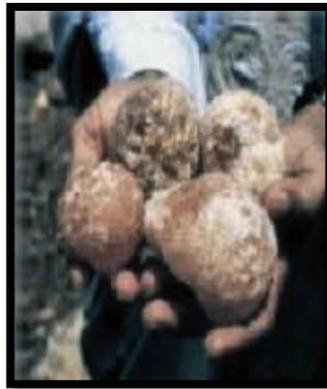


Figura 5. Goma arábica

Fuente: Foto de Calvo, 1999.

4.5.1.2 Estructura y características

Químicamente se trata de un polisacárido con cantidades variables de D-galactosa, l-arabinosa, l-ramnosa y algunos ácidos derivados como el ácido D-glucorónico o el 4-O-metil-D-ácido glucorónico.

Se trata de una sustancia de color amarillento a pardo, inflamable aunque con un elevado punto de inflamación (>250°C), muy soluble en agua (aprox. 500 g/l) y con un LD50 > 16.000 mg kg⁻¹ (EMPROVE, 2010).

4.5.1.3 Propiedades

La goma arábica es una maravilla natural que nos beneficia a todos es la más conocida de todas las gomas naturales, además de ser la más antigua.

García (1991), describe sus propiedades: **Solubilidad**. Debido a su extrema solubilidad en agua, la goma arábica es única entre los hidrocoloides naturales. La mayor parte de las gomas comunes no se pueden disolver en agua a concentraciones superiores al 5 % debido a sus altas viscosidades. Sin embargo, la goma arábica puede producir soluciones hasta con 50 % de concentración. En estos altos niveles, puede formar una masa gelatinosa altamente viscosa, similar en características a las de un gel fuerte de almidón; **Viscosidad**. Mientras que la mayor parte de las gomas forman soluciones altamente viscosas a bajas concentraciones, entre el 1 % y 5 %, la goma arábica es excepcional por su extrema solubilidad y por no impartir gran viscosidad a bajas concentraciones. Las altas viscosidades que imparte la goma arábica sólo se consiguen hasta que la concentración es de aproximadamente 40 % a 50 %. Esta habilidad para formar soluciones altamente concentradas es responsable de las excelentes propiedades estabilizantes y emulsionantes de la goma arábica, cuando se incorpora con grandes cantidades de materiales solubles; **Compatibilidad**. Las soluciones de goma arábica precipitan con muchas sales, particularmente sales metálicas trivalentes. La goma arábica es incompatible con algunas gomas como la grenetina y el alginato de sodio, pero es bastante compatible con carboximetilcelulosa. En muchos casos, la compatibilidad está sujeta a la influencia del pH y de la concentración. La compatibilidad de la goma arábica con otros componentes se puede obtener mediante el

ajuste adecuado de estos parámetros; **Emulsificante**. La goma arábica es un agente emulsificante muy afectivo debido a su función de coloide protector que ha encontrado amplio uso en la preparación de emulsiones alimenticias de aceite en agua. La goma arábica produce emulsiones estables con la mayor parte de los aceites en un amplio rango de pH y en presencia de electrolitos, sin la necesidad de un agente estabilizante secundario. La goma arábica forma una película visible en la interfase grasa, pero el mecanismo de emulsificación aún no está claramente entendido. Se cree que la goma, como agente formador de película, previene la coalescencia de los glóbulos de aceite, permitiendo así un alto grado de dispersión al disminuir el diámetro de los glóbulos. Se ha encontrado que la naturaleza química del aceite usado, puede originar marcados cambios en las propiedades de las emulsiones estabilizadas con esta goma. La viscosidad relativa de las emulsiones hechas con goma arábica, cambia de acuerdo con el aceite empleado como fase dispersa. Se ha sugerido que las diferencias se pueden deber a la presencia de una capa o película estabilizante cuyo espesor varía con el aceite utilizado. Esta capa o película es, presumiblemente suficiente para contribuir notablemente a la reducción del volumen de los glóbulos, y así la viscosidad de la emulsión.

Algunas otras propiedades según Bedri (2012) son: Exudado 100 % natural, Color café ámbar, la cual debe ser sometida a un proceso de purificación que incluye molienda, filtrado, pasteurización y secado por aspersion; las soluciones en agua de la goma arábica son ligeramente ácidas y tienen un pH aproximado de 4.5 a 5.5; la influencia de sus grupos ácidos hace que la viscosidad de sus dispersiones se vea afectada por la adición de ácidos o de álcalis y por la presencia de sales; alto en fibra (80 % mínimo); soluble en agua fría o caliente e insoluble en alcohol, aceites o solventes; es la goma de

viscosidad más baja aún en concentraciones altas; se pueden preparar soluciones de hasta el 50 %; sus soluciones tienen un color ámbar o amarillo claro dependiendo de la concentración; tiene sabor neutro y es inodora; funciona como adhesivo en muchas aplicaciones; es compatible con la mayoría de los aditivos; funciona como emulsivo; forma delgadas películas protectoras.

4.5.1.4 Importancia, usos y aplicaciones

La goma arábiga es conocida desde hace más de 5,000 años ya que era utilizada y comercializada por los egipcios. Se sabe que la usaban como espesante en cosméticos, para la momificación, además de la perfumería. Tras haber caído en olvido fue redescubierta por navegantes europeos en el siglo XV en la África subsahariana. Incluso fue causa de la “Guerra de la Goma” en el siglo XVIII, tras la cual Francia se quedó con el monopolio en el mercado europeo. Como ya se mencionó, existen dos principales especies de goma arábiga, *Acacia senegal* y *Acacia seyal*. Tradicionalmente la *Acacia senegal* ha sido utilizada para todas las aplicaciones debido al laborioso proceso de limpieza que implica la utilización de la *Acacia seyal* pero actualmente con un novedoso sistema de limpieza se ha encontrado un uso muy ventajoso en encapsulación de sabores, formación de película y adhesión teniendo mejores resultados en estas aplicaciones que la *Acacia senegal* (Quiminet, 2006).

Para emulsiones de sabores la mejor opción sigue siendo la *Acacia senegal*, además que en estudios recientes se ha revelado que es un muy buen agente emulsificante debido a que sus aminoácidos realzan la acción emulsificante de los carbohidratos. Aunque nuevos estudios muestran que otras especies, como son *Acacia laevigata* y *Acacia*

tragacanthum poseen fuertes propiedades emulsificantes. Dentro de las principales aplicaciones que tiene la goma arábica se encuentran:

Películas protectoras para sabores, colores y vitaminas. Una de las principales aplicaciones de la goma arábica son los sabores secados por aspersion o encapsulados que actualmente se prefieren al uso de los almidones modificados por varias razones: supera a los almidones modificados en la prueba de degradación oxidativa de vida de anaquel; aparece en la etiqueta como goma arábica la cual es un ingrediente “natural”; tiene certificado Kosher; no deja sabor almidonoso en el producto terminado; no deja sedimento; tiene color muy claro; no aporta calorías y tiene una alta concentración de fibra dietética soluble.

La encapsulación de sabores en comidas instantáneas protege a los sabores de interacciones indeseables con otros sabores o con el alimento mismo, además como los sabores son volátiles, la encapsulación los protege que se evaporen y reduce el efecto de la oxidación.

Confitería. En productos de confitería la goma arábica tiene tres funciones importantes: retardar o prevenir la cristalización del azúcar; emulsificar o mantener los ingredientes grasos bien distribuidos previniendo así un escurrimiento de la grasa; formación de una barrera protectora contra el medio ambiente o contra la interacción de otros ingredientes.

Se usa como componente en las fórmulas de goma de mascar, así como en confitados. En malvaviscos formulados promueven la incorporación de aire. En productos dietéticos se usa para sustituir azúcar, es decir, como agente de relleno.

Bebidas. Se emplea como emulsificante en la preparación de los concentrados usados en las fórmulas de bebidas carbonatadas, estabilizador de espumas en bebidas para dar efecto de “cuerpo” en las paredes del vaso. Puede dar un efecto de turbidez al mezclarse con aceite vegetal hidrogenado y secarse por aspersión, usándose este producto en jugos cítricos. Se utiliza también como auxiliar tecnológico para la clarificación de vinos.

Farmacéutica. Es un ingrediente tradicional en la industria farmacéutica y es utilizado principalmente como ligador en procesos de tableteo, estabilizante en suspensiones y como agente protector de pastillas. También se utiliza en la elaboración de tintes.

Uso industrial. Litografía: utilizado para preparar soluciones concentradas de hasta el 25 % que se utilizan como coadyuvantes de la impresión en el sistema offset. Se hace llamar soluciones fuente o soluciones protectoras.

4.6 Gomas de mezquite y huizache

La descripción de la goma de mezquite y de huizache se realiza a continuación.

4.6.1.1 Descripción de goma de mezquite

El árbol de mezquite, nativo de zonas desérticas, sometido a condiciones de estrés hídrico, secreta un exudado en forma de nódulos vitrificados conocido comúnmente como goma de mezquite (GM), y en Sonora como “chúcata”.

La goma producida en forma natural por el mezquite varía en color y composición desde líquidos acuosos, cristales claros translúcidos, ha cristales oscuros café rojizos, que varían en tamaño desde milimétricos a 7 centímetros de diámetro aproximado. Estos son producto de árboles que se encuentran en condiciones de estrés debido a condiciones externas variadas, generalmente se producen por lesiones en la corteza y divisiones de brazos. Generalmente la goma se recolecta cuando presenta características comerciales deseadas, en cristales mayores a los 2 centímetros de diámetro, de color transparente claro a color ámbar semi transparente. Se selecciona y limpia a mano evitando al máximo el contacto con la piel ya que los cristales tienden a reblandecerse al tacto, para ser empacadas y pesadas en bolsas proporcionadas por el cliente o en contenedores plásticos para ser embarcados a clientes alrededor del mundo (Rancho lobos, consultado septiembre, 2012).

4.6.1.2 Características y análisis de goma de mezquite (GM)

Químicamente, la GM es considerada como una arabinogalactana proteica, perteneciente a las proteoglicanas del Tipo II (polisacárido unido covalentemente a proteína). El componente polisacárido se ha descrito como una cadena central de unidades de D-galactosa enlazadas por uniones β (1—3) y β (1—6) a cual se le unen cadenas laterales en el O (6) de algunos de los residuos de D-galactosa. Estas ramificaciones consisten en mono u oligosacáridos de D-galactosa, l-arabinosa, ácido D-glucorónico y ácido 4-O-metil-glucorónico (White, 1946, 1947a-1947b, 1948); (Smith, 1948a-1948b); (Abdel, 1952); (Aspinall, 1970a-1970b); (Anderson, 1982). Además de los componentes

polisacáridos, la goma de mezquite tiene una fracción proteica que oscila entre 2-4.8 % (Finsher *et al.*, 1983); (Goycoolea *et al.*, 1998).

4.6.1.3 Usos de la goma de mezquite

Esta goma, conocida en Sonora como “chúcata” ha sido utilizada en la medicina tradicional en poblaciones indígenas para curar males gástricos, irritación de ojos, etc. Además tradicionalmente, la goma se ha colectado y comercializado en pequeña escala como golosina, laca para el pelo, pegamento y otros usos domésticos en los pueblos del interior del estado. Desde el punto de vista comercial, la goma de mezquite presenta gran variedad de usos potenciales en la industria alimentaria, cosmética, farmacéutica y en las industrias textiles y de papel. En San Luis Potosí, la goma de *Prosopis laevigata* se ha comercializado para su uso en la industria de refrescos.

La GM tiene un uso potencial en la industria alimentaria, farmacéutica, textil, cosmética, vinícola, etc. Por tanto, sus propiedades representan un avance significativo para comprender su habilidad para estabilizar interfaces agua/aceite, encapsular aromas y sabores, entre otras (López, 2010).

4.6.1.4 Descripción de goma de huizache

El huizache tiene una gran cantidad de usos y cuenta con un potencial enorme que aún no ha sido explotado en México. Uno de sus usos es la extracción de la goma que emana del tronco también se utiliza como sustituto de la goma arábiga, se considera que puede ser empleado en la industria química, medicinal, cosmética y farmacéutica.

Es una lágrima de color amarillento, con diferentes tamaños que van desde milímetros hasta 7 centímetros de diámetro aproximadamente; es un polisacárido capaz de modificar y controlar las propiedades físico químico y funcional de los alimentos (Bioplanet, 2012).

4.6.1.5 Características y análisis de goma de huizache (GH)

La capacidad de modificar algunas propiedades de los alimentos se debe primordialmente a la influencia de estos polímeros tienen sobre las características reológicas y coloidales de los alimentos que los contienen ya sea de forma nativa en tejidos vegetales o animales o adicionados en la formulación. En ambos casos ejercen control directamente sobre la fase acuosa y afectan a la estabilidad de los diversos componentes presentes en solución o dispersión, a los cuales ligan, complejan, emulsifican, flocculan o suspenden (Universidad de Sonora, 1999).

Sin embargo, no se encontró información específica de estudio para la goma de huizache, Únicamente se encontró que no todas las especies de huizache producen goma; esto debido a que algunos suelos tienen mayor contenido de humedad dependiendo la zonas de distribución en la que se ubique el huizache. Aunque para esta tesis el estudio se realizó en una zona semiárida; condiciones en las que si produce goma el huizache.

4.6.1.6 Usos de la goma de huizache

El espectro de utilización en la industria alimentaria es muy amplio: se incluye comúnmente en la formulación de helados, productos de confitería, jugos de frutas, cerveza, vino, mayonesa, quesos, mermeladas, aderezos, embutidos, productos dietéticos, etc. De la misma manera en las industrias cosmética, medicinal y textil (Conabio, 2012).

4.7 Comercio e industrialización de las gomas: arábica, de mezquite y huizache

El mercado mexicano de polisacáridos (gomas o hidrocoloides) tienen un valor aproximado de 50 millones de dls, del cual, México importa casi el total de estas materias primas (aprox. 80 %), esto a pesar de poseer los recursos naturales abundantes para producir y extraer diversas gomas (INEGI, 1994).

La goma arábica africana ha satisfecho por muchos años la demanda del sector industrial; sin embargo, la escasez debida a sequías y la inseguridad política de las regiones donde se produce, ha incentivado la búsqueda de otras fuentes botánicas que ofrezcan mayor seguridad en el suministro y los precios. En este sentido existen otras especies de *Acacia* que también producen goma, tales el caso de la *Acacia farnesiana*.

Sin embargo, únicamente el exudado (goma arábica) proveniente de *A. Senegal* y *A. seyal* está reconocido como sustancia generalmente segura (GRAS) por la administración de alimentos y drogas de los EEUU (FDA) para su uso en alimentos (López *et al.*, 2006).

Ninguna goma proveniente de otras especies o géneros cuenta con dicha autorización. Razón por la cual es importante desarrollar más investigación en este sentido.

Una de las especies con mayor potencial es el mezquite, pero es necesario que exista disponibilidad de goma de mezquite en cantidades suficientes para asegurar una producción tal que pueda satisfacer la demanda actual y poder competir por el mercado de la goma arábiga, es el principal obstáculo a fin de poder impulsar la inversión de capital en esta actividad. En los estados mexicanos de Sonora y San Luis Potosí se han llevado a cabo estudios cuantitativos para estimar la disponibilidad de goma de mezquite para los bosques de mezquital, es decir, en poblaciones silvestres. Sonora, en el noreste de México, tiene una extensión aproximada de 184934 km², con el 70 % de superficie desértica y semidesértica. Los mezquiales están distribuidos en casi todo el estado. Sin embargo, las masas arboladas de mezquite como especie dominante, y con potencial de aprovechamiento, se encuentran en bajíos y área ribereñas principalmente, aunque en algunas planicies se aprecian poblaciones importantes de mezquite en asociación con otras especies (CONAFOR, 2002).

En 1999 se evaluó la disponibilidad de la goma de mezquite de *P. velutina* en cuatro poblaciones silvestres de la zona central del Estado, con una densidad de 80 / ha. De éstos, solo el 10 % produjeron goma, por lo que se estimó un rendimiento de 23.2 g de goma por árbol, lo que resulta en una disponibilidad de 132 a 240 g de goma por ha (Goycoolea *et al.*, 2000). El tiempo de producción de 5 semanas, en las que es posible colectar hasta tres veces. Estas cifras han permitido estimar una producción total de goma de 800 t año⁻¹.

En el caso de *Prosopis laevigata* también se han llevado a cabo estudios de este tipo en un bosque de San Luis Potosí que barca 600 km². La densidad de árboles fue de 200 árboles ha⁻¹, en la que los árboles productores de goma, estimados en un 70 %, eran de 6 a 15 años de edad y una altura de 2 a 6 m (Vernon-Carter et al., 2000). La cantidad de goma por árbol fue de 30 g en período de 15-20 días y el período de producción es de 6 meses, notablemente más prolongado que el *P. velutina* en Sonora. De estos estudios se concluye que la producción potencial de goma de *Prosopis laevigata* en un área de 600 km² es de 2061 t año⁻¹. Esta producción podría satisfacer la demanda de goma arábiga en México, dejando un excedente considerable de exportación.

Esa investigación es de especial importancia para la cuantificación de este producto, ya que puede constituir una fuente alternativa de recursos económicos estables.

Del año 2000 al 2003 México importó 3471 a 7056 t de goma arábiga, con un valor de 4 millones en el 2003. En el 2004, la importación de goma arábiga se redujo a 1457 t pero el valor fue casi cinco veces mayor (4.2 millones de dls), (López *et al.*, 2006). Al escasear el producto los costos se elevan y, por tanto, debe buscarse alternativas que reduzcan la importación de goma arábiga. Una posibilidad como sustituto de la goma arábiga es la goma de mezquite y la goma de huizache (Secretaría de Economía, 2005). Sin embargo a la fecha es un producto que no se aprovecha. De ahí la relevancia de esta información.

El precio estimado reportado para la goma arábiga en polvo es de: 400 euros t⁻¹; reportado con un período de validez del: 30 de Julio al 30 de Agosto de 2012. Y de 6 euros kg⁻¹, con un período de validez del 18 de junio al 18 de Julio del 2012.

Por lo que haciendo las conversiones correspondientes a pesos mexicanos queda: \$ 6373.88 t⁻¹ y \$95.6082 kg⁻¹. Con una paridad del euro de \$ 15.9347 frente al peso mexicano (Quiminet, 2012).

El precio de la goma de huizache es de 2.76 dls kg⁻¹ con una paridad de 1 dólar = \$ 12.3131, por lo que se cotiza en \$ 33.9842 kg⁻¹ según lo reportado por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste S.C.

El precio de la goma de mezquite según lo reportado por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C con apoyo de la CONAFOR, lo reportan a 2 dls kg⁻¹ y 80 dls ha⁻¹ en julio 2009. Retomando la paridad de \$ 12.3131 por dólar, tenemos que \$ 24.6262 kg⁻¹ y de \$ 985.048 ha⁻¹. Lo que puede ser ventajoso o desventajoso para el comprador, según el rendimiento del exudado.

Sin embargo a medida que el mercado va cambiando y globalizándose, la economía del país se va insertando en la industria manufacturera de alimentos, cosméticos, entre otras, las cuales irán demandando mayores volúmenes de éstas gomas y el precio irá fluctuando a lo largo de estos cambios en la oferta y demanda de las diferentes industrias manufactureras.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Las fases de la presente investigación fueron de gabinete y de campo. La fase de gabinete comprendió la revisión de la literatura durante todo el proceso de investigación y/o experimentación. La fase de campo comprendió etapas tales como: localización y características generales del área experimental; manejo de la plantación y unidades experimentales, diseño experimental y análisis; aplicación de tratamientos en campo; y finalmente colectas de la goma y análisis.

5.1 Localización y características generales del área experimental

El experimento se realizó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende s/n, col. El Roque Celaya C.P. 38110, Celaya Guanajuato.



Figura 6. Localización del área del CEBAJ INIFAP.

5.1.1 Clima

El Campo experimental se localiza en Celaya, Guanajuato a los 20°32' de latitud norte y 100° 48' de longitud oeste en una altitud de 1752 msnm, la precipitación y temperatura media anual son de 578 mm y 19.8 °C (Guanajuato Produce A. C., 2012).

A continuación se muestra el comportamiento de la temperatura y precipitación de noviembre 2011 a octubre 2012 (Figura 7). Donde se infiere que el período de sequía comprende de noviembre a mayo; ya que en junio cae la primera lluvia del año; y se registra la temperatura más alta del año. También se infiere que la precipitación más alta se registra en julio; aunque se considera baja en comparación con regiones del sur de México.

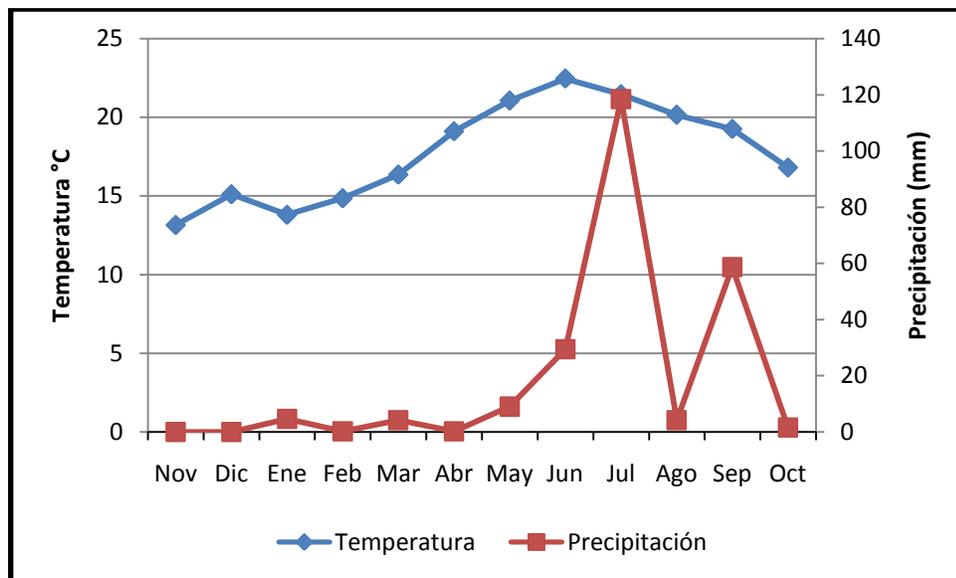


Figura 7. Diagrama ombrotérmico de Celaya, Guanajuato.

Fuente: Elaboración propia con datos de clima de INIFAP-CEBAJ de la Fundación Guanajuato Produce A. C.

5.1.2 Suelo

El suelo se clasifica como vertisol, con textura arcillosa, pH de 7.8, con un contenido de materia orgánica de 2.31 %, nitrógeno 5.62 mg kg⁻¹, fósforo 12.3 mg kg⁻¹ y potasio 1016 mg kg⁻¹ (Solís *et al.*, 2004).

5.2 Manejo de la plantación y unidades experimentales

El área agroforestal experimental del INIFAP Bajío de Celaya, tiene varias parcelas con diferentes especies arbóreas nativas del semiárido mexicano. Las plantaciones agroforestales tienen 10 años de establecimiento en el campo experimental, sin manejo alguno, expuestas a las condiciones naturales propias del ambiente semi árido. La superficie donde se ubican los 3 bloques de mezquite es el denominado el lote 26 del campo experimental del Bajío. En la siguiente figura 8 se muestra la distribución de los 3 bloques de *Prosopis laevigata*.

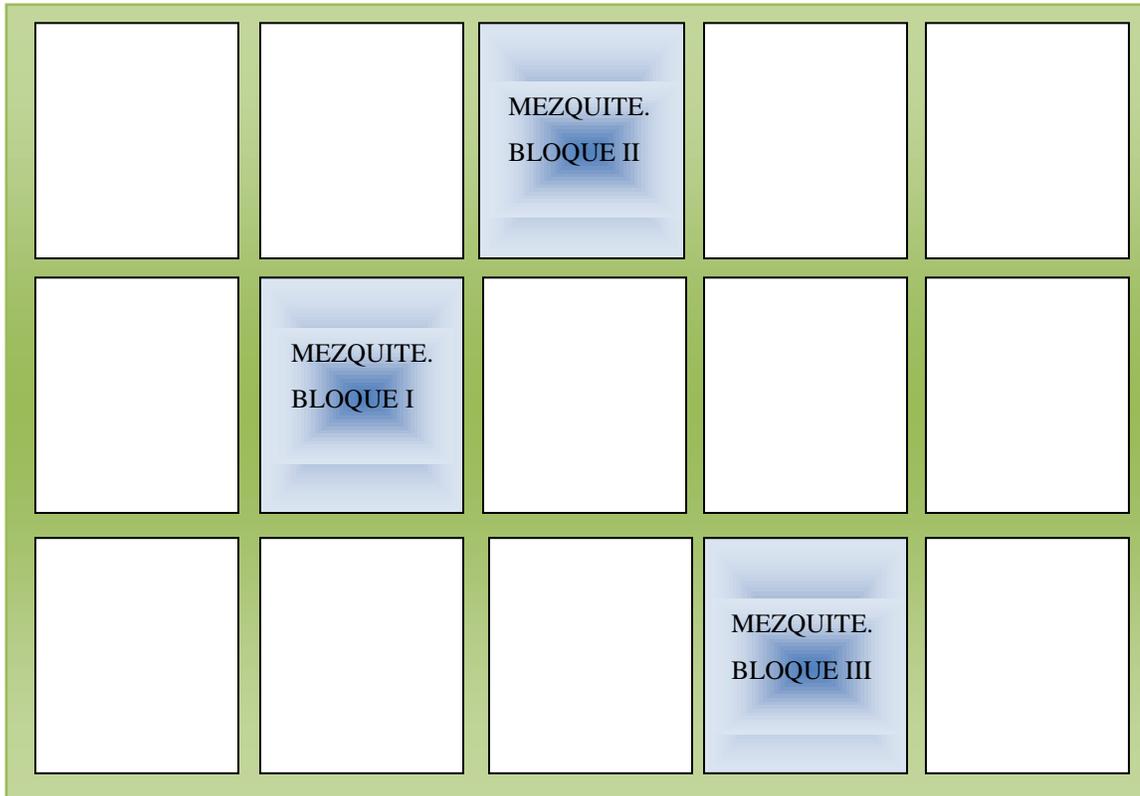


Figura 8. Lote 26 del área experimental agroforestal del INIFAP-CEBAJ con los 3 bloques de Mezquite.

En otra área del campo experimental se ubica el lote 34, denominado “arboretum”, que es la superficie donde se localiza al huizache. A continuación (Figura 9), se muestra la distribución de los bloques de *Acacia farnesiana*.

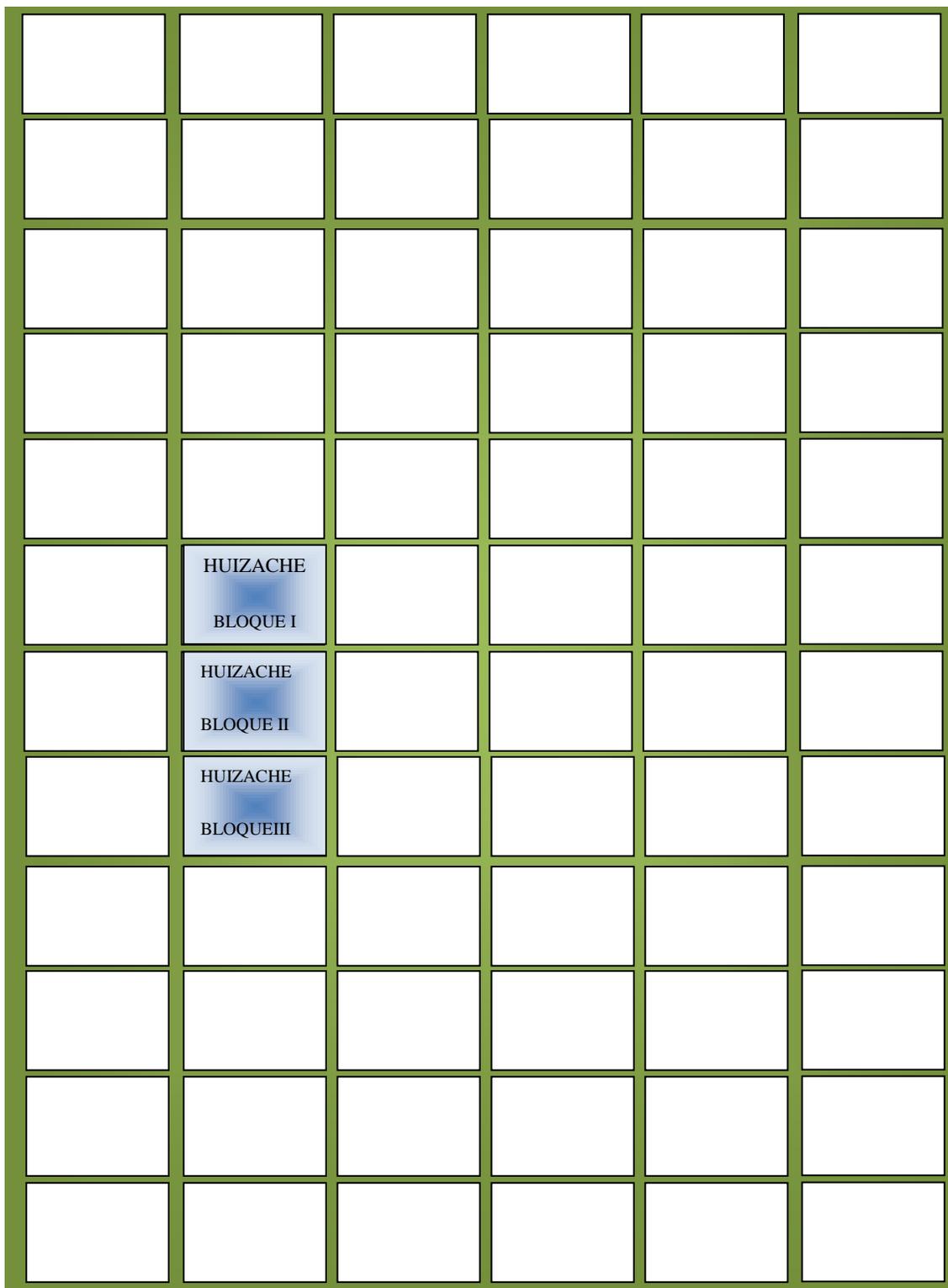


Figura 9. Lote 34 "Arboretum" del área experimental del INIFAP-CEBAJ con los 3 bloques de Huizache.

Goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales

Cada bloque de mezquite con dimensiones de 12 m x 15 m cada uno, con un espaciamiento de 6 m entre surco y 3 m entre individuo; cada bloque tiene un total de 15 individuos, con un total de 45 individuos que se muestrearon.

Los bloques de huizache tienen una dimensión de 6 m x 15 m, con un espaciamiento de 3 m entre surcos y 3 m entre individuos; cada parcela con 15 individuos; de los cuales solo muestreamos 12, debido a que en cada parcela se encontraron 3 individuos que participaban en otra experimentación; por lo tanto el experimento se llevó a cabo con un total de 36 individuos (Figura 10). Como ya se mencionó anteriormente ambas parcelas tiene 10 años de establecimiento en condiciones naturales del ambiente del semiárido.

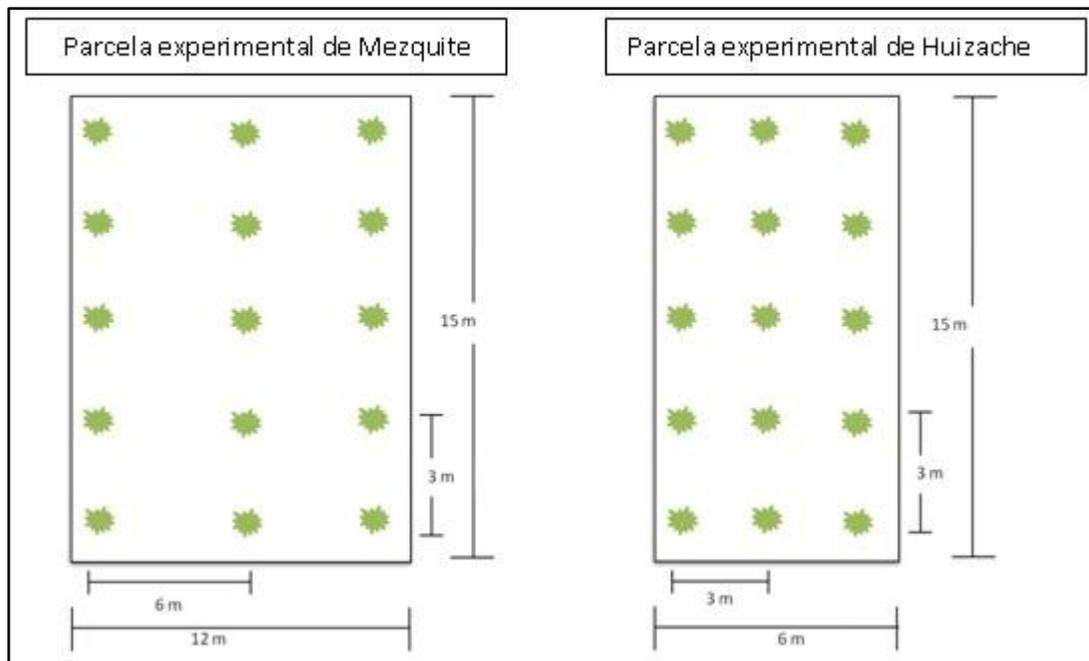


Figura 10. Dimensiones de los bloques experimentales del mezquite y del huizache.

Durante la fase de campo se trató de homogeneizar el experimento y se consideraron características físicas de las unidades de muestreo las cuales deben ser similares tal

como lo menciona Vernon *et al.* (2000), el diámetro a los árboles dentro de cada bloque de la plantación agroforestal para que a partir de 0.60 m aproximadamente de la base del tallo principal, se realizó la incisión según el tratamiento; esto, debido a que generalmente los árboles presentan bifurcación a partir de los 0.65 m. de altura del tallo en promedio. Sin embargo, los árboles tuvieron un rango de 0.08 a 0.13 m de diámetro, y de altura tienen un rango aproximado de 2.5 a 5 m; por lo que se consideró una categoría óptima diamétrica y una altura favorable para realizar el aprovechamiento de ambas especies (mezquite y huizache). Para esta actividad se utilizó una forcípula o cinta diamétrica y una regla o estadal de 2 m (Figura 11). En cuanto a las ramas secundarias las heridas se realizaron a la altura del pecho. Se observó el **estado fenológico** de ambas plantaciones agroforestales, considerando que se encontraban despertando de su dormancia de invierno. En general los árboles se encontraron estresados, sin gran cantidad de follaje y sin florescencia.



Figura 11. Observación y medición de altura y diámetro de unidades experimentales.

5.3 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue el de bloques al azar (DBA), con cinco tratamientos, tres repeticiones y tres unidades muestra por tratamiento (árbol). (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de tratamientos.

Tratamiento	Bloques	Unidad muestra
1	I...III	1, 2, 3
2	I...III	1,2,3
3	I...III	1,2,3
4	I...III	1,2,3
5	I...III	1,2,3

Los tratamientos aplicados fueron precisamente al azar en los 3 diferentes bloques o repeticiones. En seguida (Figura 12), se muestra un bloque diseñado al azar para la aplicación de los diferentes tratamientos. Posteriormente, de esa misma manera (al azar) se realizó para cada uno de los bloques y/o repeticiones de cada una de las especies estudiadas.

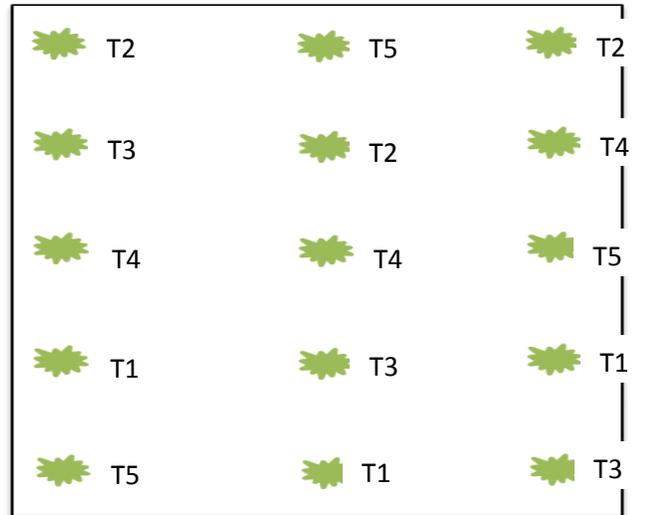


Figura 12. Diseño de Bloque al Azar en mezquite.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa de SAS, versión 9.3 con DBA y con prueba de Tukey al 0.05.

5.4 Aplicación de tratamientos

Después de registrar las observaciones, diámetro, altura y estado fenológico, se prosiguió a la aplicación de tratamientos, los cuales fueron:

Tratamiento 1 (T1) = Exudado en forma natural (testigo).

Tratamiento 2 (T2) = Incisión con aplicación de etileno en concentración al 10 % (Wilde 1971), en tronco principal a 0.60 m de la base.

Tratamiento 3 (T3) = Incisión con aplicación de etileno en concentración al 10 % (Wilde 1971), en rama secundaria.

Tratamiento 4 (T4) =Incisión en tronco principal a 0.60 m de la base, sin aplicación hormonal.

Tratamiento 5 (T5) =Incisión en rama secundaria sin aplicación hormonal.

La aplicación de los tratamientos se realizó una sola vez. Para mezquite el 20 de marzo y para huizache el 21 de marzo de 2012, cuando los árboles comienzan a despertar de su dormancia de invierno. Se etiquetó a cada individuo o unidad experimental (árbol) con su respectivo tratamiento asignado al azar.

Para la incisión o herida en el tronco principal o rama secundaria se utilizó un cincel y un martillo que perforó a una profundidad de 1 cm aproximadamente para no interferir de manera negativa en el flujo de agua y nutrientes del árbol. La incisión se hizo a un ángulo de 45° C (Figura 13).

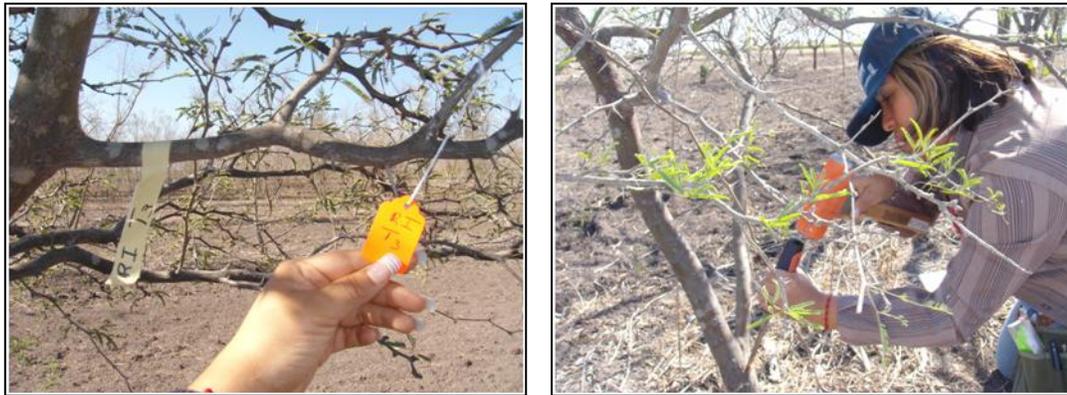


Figura 13. Etiquetado e incisión.

También se usó una jeringa de 3mL con aguja, un recipiente, etileno (ethrel) en proporción al 10 %; es decir, se homogeneizó con 0.5 mL de agua destilada y 0.5 mL de etileno para los tratamientos que así lo requirieron (T2 y T3) y únicamente incisión en T4 y T5. (Ver Figura 14)



Figura 14. Procedimiento de preparación y aplicación de tratamientos.

5.5 Colectas de gomas: mezquite y huizache

Recolección de gomas, pesado y registro de datos

La colecta se realizó mensualmente en los tres meses posteriores a la aplicación, en la estación de verano. Con el objetivo de proporcionar el tiempo suficiente de recuperación a la especie para la siguiente exudación de la goma. En los árboles experimentales de huizache y de mezquite se realizaron tres fechas de colecta: 18 y 19 de abril, (f1) respectivamente; 17 de mayo (f2) y 20 de junio (f3) del año en curso.

Para la colecta se utilizó una pequeña espátula para despegar la goma que ya se había solidificado por fuera formando grandes aglomerados o terrones, aunque por dentro se encontraba fresca. Posteriormente fue necesario dejarla secar sobre bolsas de papel de estraza, en lo que se despegaban y colectaban los demás terrones de goma. La colecta de los terrones pequeños fue sencilla, ya que se despegaban fácilmente, y su extracción se realizó manualmente. También fue necesario un plumón para identificar correctamente, de acuerdo al tratamiento, bloque y a la especie que se colectó. Para el traslado de campo al laboratorio se realizó en las bolsas de papel de estraza (Figura 15).



Figura 15. Colecta de Goma de mezquite (GM), Goma de Huizache (GH) y Proceso de secado.

Pesado y registro de datos

En la figura 16 se observa que se pesaron ambas gomas; para ello se utilizó una balanza granataria, registrando sus pesos en gramos en una base de datos de ambas especies.



Figura 16. Pesado y registro de goma de mezquite y de goma de huizache.

Posteriormente se llevó a laboratorio para su análisis y determinación de calidad según especie, época y tratamiento.

5.5.1 Sistema de producción con tratamiento hormonal (etileno)

Hasta el momento no se encontró en la literatura la aplicación de etileno en algún sistema agroforestal o cualquier manejo con tratamiento en árboles; sin embargo si se ha detectado que se usa para la maduración de frutas.

En esta investigación se consideró la aplicación de etileno en dos tratamientos con el fin de observar el comportamiento de los árboles y acelerar la emanación del exudado; debido a que la estimulación se debe a las condiciones de estrés del árbol.

También se registró el vigor y fisiología del árbol antes y después de la aplicación del etileno; así como la estructura del árbol donde se exuda la mayor cantidad de goma con el fin de registrar observaciones.

5.6 Análisis de las gomas: mezquite y huizache

La clasificación de las gomas se diagnosticó visualmente por su: integridad (entera, fraccionada o pulverizada), tamaño (mayor a 1 cm), tonalidad de lágrima (clara, oscura, negra) e Impurezas. Utilizando la clasificación reportada por Yolanda I. López Franco del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC (CIAD AC) y CONAFOR en julio 2009. (Ver Cuadro 2 y Figura 17). Dicho procedimiento se realizó para ambas especies (mezquite y huizache).

Cuadro 2. Clasificación manual de las Gomas de Mezquite y Huizache.

CARACTERÍSTICAS	CATEGORÍAS O CLASES DE GM Y GH			
	GAMA	GMB	GMC	Remanente
Integridad de la lágrima	Entera	Entera	Entera y fraccionada	Entera y pulverizada
Tamaño por lágrima	> 1 cm	> 1 cm	diverso	< 100 mesh
Tonalidad en lágrima entera	clara, ambarina, clara	ambarina	oscura	negra
Impurezas	Ninguna	trazas	notorias abundantes	muy abundantes

A continuación se muestran las imágenes de la clasificación de las gomas:



Figura 17. Clasificación manual de las gomas.

Fuente: CIAD, A.C y CONAFOR, 2009.

Las gomas de mezquite y huizache una vez clasificadas, se pesaron 20 g de cada una de la clasificación A y se colocaron en bolsas chicas de papel encerado para ser llevadas al laboratorio de Biotecnología de Alimentos del INIFAP-CEBAJ.

Para determinar el análisis químico proximal, se siguieron los siguientes métodos:

- **Proteína Cruda.** El contenido de proteína total se determinó de acuerdo con Villegas y Mertz (1970), por el método de Micro-Kjeldahl.

Goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales

- Humedad. El contenido de humedad se determinó de acuerdo con la (AOAC, 1990).
- Cenizas. El contenido de cenizas se determinó de acuerdo con la AOAC (1990). La ceniza de un producto alimentario es el residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. La cantidad de cenizas representa el contenido total de minerales en los alimentos.
- Extracto etéreo. El contenido de extracto etéreo se determinó de acuerdo con la AOAC (1990), la denominación “extracto etéreo” es debido a la utilización de hexano como disolvente.
- Fibra dietaría total. Se utilizó el método gravimétrico enzimático descrito por Prosky *et al.* (1988) con ligeras modificaciones.
- Carbohidratos. Este componente se determinó por la diferencia de peso con 100 g de muestra, restando la suma del contenido de proteína, extracto etéreo, cenizas y fibra dietaría total.
- Taninos. Se cuantificaron los taninos condensados de acuerdo al ensayo de vainillina de Desphande y Cheryn (1985), (Ver Figura 18).



Figura 18. Laboratorio de Biotecnología. Análisis de goma de mezquite y de goma de huizache.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los árboles de mezquite y de huizache fueron observados semanalmente, sin embargo presentaron exudación hasta 20 días después de la aplicación del etileno, pero se consideró coleccionar hasta una semana más para que se generara más exudación.

Los meses de producción fueron en abril, mayo y junio únicamente, debido a que una vez que cae la primera lluvia es difícil la colección por que se deslava la goma de dichas especies. Durante el desarrollo de este experimento la primera lluvia fue el 18 de Junio, 2 días antes de realizar la última colecta; sin embargo se rescató la mayor parte de la exudación, pero se tuvo que ventilar para que se seicara en su totalidad (Figura 19).



Figura 19. Deslave de goma de mezquite y de goma de huizache.

6.1 Cantidad de goma de mezquite

En el siguiente cuadro se muestran las cantidades totales obtenidas durante todo el periodo de producción (abril, mayo y junio) en sus 3 fechas de colecta de los 3 bloques y las 3 unidades experimentales; es decir en total de 9 unidades experimentales (árboles).

Cuadro 3. Producción de Goma de Mezquite.

TRAT/COLECTA	f1	f2	f3	GOMA (g)
1	9.3	0	0	9.3
2	89.1	58.1	62	209.2
3	56.3	86.3	65	207.6
4	11.5	0	0	11.5
5	0	0	0	0

*f1=18 de abril; f2 = 17 de mayo y f3= 20 de junio, Goma (g) = rendimiento, cantidad de goma obtenida.
Fuente: Elaboración propia con datos tomados en el Campo Experimental Bajío. INIFAP 2012.*

6.2 Cantidad de goma de huizache

Para la goma de huizache se registraron (cuadro 4) las siguientes cantidades de los 3 bloques experimentales y de las 3 unidades de muestreo en cada bloque; así como las 3 fechas de colecta de la época de producción. Con un total de 9 unidades experimentales.

Cuadro 4. Producción de Goma de Huizache.

TRAT/COLECTA	f1	f2	f3	GOMA (g)
1	0	0	0	0
2	709.6	251.7	115.4	1076.7
3	640.3	266.2	143	1049.5
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0

*f1=19 de abril; f2 = 17 de mayo y f3= 20 de junio, Goma (g) = rendimiento, cantidad de goma obtenida.
Fuente: Elaboración propia con datos tomados en el Campo Experimental Bajío. INIFAP 2012.*

Enseguida se muestra un gráfico comparativo (Figura 20), para resaltar la diferencia entre el exudado de la goma de mezquite y de huizache.



Figura 20. Rendimiento de la producción de Goma de Mezquite y Huizache.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en el Campo Experimental Bajío. INIFAP 2012.

Los resultados de los cuadros 3 y 4 muestran que la emanación de goma en cantidad más promisorio fue con la especie de *Acacia farnesiana* ya que se registró una cantidad de 1077 y 1050 g aproximadamente de goma de huizache. Con ambas especies se pueden diseñar sistemas agroforestales, dependiendo de las comunidades y de las especies silvestres que se detecten y que se quieran manejar con este sistema.

6.3 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (cuadro 5), con el programas Statyscal Analisis System (SAS, 2010), versión 9.0, con el siguiente modelo estadístico de Diseño de Bloques al Azar: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$, con Tukey al 5 % de probabilidad en donde se obtuvo lo siguiente para goma de mezquite:

Cuadro 5. ANOVA de Goma de Mezquite (GM).

FV	GL	CM	FC	0.05	0.01
Bloques	2	68.096	0.40636699	4.459	8.6491
Tratamientos	4	4124.44103	24.6128507	3.8379	7.0061
Error	8	167.572667			

Para la goma de huizache en el cuadro 6, se obtuvo lo siguiente:

Cuadro 6. ANOVA de Goma de Huizache (GH).

FV	GL	CM	FC	0.05	0.01
Bloques	2	5635.742	1.20152491	4.459	8.6491
Tratamientos	4	113044.735	24.1008311	3.8379	7.0061
Error	8	4690.49117			

Derivado de los cuadros anteriores, se infirió que para ambas gomas en cuanto a *bloques* existe *poca variabilidad* o significancia y para *tratamientos* existe mucha *variabilidad*.

6.4 Análisis químico proximal de la goma de mezquite y huizache

Las determinaciones se realizaron a finales de junio y julio del año en curso, en el INIFAP-CEBAJ en el laboratorio de biotecnología de alimentos, con los métodos descritos en el siguiente cuadro 7:

Cuadro 7. Variables y Métodos realizados para el Análisis Proximal.

VARIABLES	MÉTODO
Proteína cruda	Micro-Kjeldahl
Humedad	AOAC (1990)
Cenizas	AOAC (1990)
Extracto etéreo	AOAC (1990)
Fibra dietaria total	Gravimétrico enzimático. Proskyet <i>al.</i> ,(1988)
Carbohidratos	Por diferencia. 100 g de muestra - PC, H, C, EE, FDT
Taninos	Ensayo de la vainillina de Desphande y Cheryn (1985)

Fuente: Elaboración propia con datos tomados en el Campo Experimental Bajío. INIFAP 2012.

En laboratorio de Biotecnología de alimentos del INIFAP Centro Experimental Bajío para determinar las muestras de GM y GH se tomaron 20 g de cada colecta (f1, f2 y f3), posteriormente se molieron, ya que en todos los métodos se ocupa la muestra seca, molida y cernida. Se determinaron de dos a tres réplicas por especie y acordes con la metodología empleada.

El primer procedimiento es el de la determinación de humedad; el cual es muy sencillo ya que solo se debe registrar en peso relativo en cajas petri y posteriormente meterlas a la estufa de secado por 3 horas y al sacarlas se registra su peso constante. Por diferencia y por fórmula se obtiene el porcentaje de humedad.

Goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales

El segundo procedimiento son la determinación de cenizas; en este procedimiento se incinera la muestra en crisoles con la ayuda de un mechero hasta que se torne en cenizas, posteriormente se meten a una mufla durante 3 horas. Por fórmulas y diferencias, se obtiene el porcentaje de ceniza.

Los siguientes procedimientos son más complejos y se llevaron de acuerdo a la metodología descrita en el cuadro anterior con mayor rigurosidad, cuidando los aspectos de materiales y equipos necesarios para la determinación del análisis químico proximal de ambas gomas.

Los resultados arrojados de los procedimientos que se realizaron, condujeron a obtener las siguientes variables; las cuales se pueden observar y analizar en el cuadro 8:

Cuadro 8. Composición química proximal de la Goma de mezquite y huizache.

ESPECIES/VARIABLES	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	PROTEÍNA (%)	GRASA (%)	FIBRA (%)	CARBOHIDRATOS	TANINOS
MEZQUITE	9.25	2.55	3.25	2.56	73.23	9.17	0.23
Mf1	9.67	2.72	3.31	2.58	80.13	1.6	0.24
Mf2	11.04	2.61	4.38	2.06	69.98	9.94	0.31
Mf3	11.05	2.66	4.5	2.01	76.65	3.14	0.29
HUIZACHE	13.08	4.76	6.25	3.01	72.65	0.25	0.15
Hf1	12.81	4.75	6.25	2.92	68.89	4.37	0.17
Hf2	12.26	2.52	10.38	2.91	71.55	0.38	0.21
Hf3	12.44	2.74	10.25	3	67.79	3.79	0.15

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en laboratorio de Biotecnología.

6.5 Rendimiento de etileno para la producción de goma de mezquite y huizache

En este experimento se utilizó la dosis compuesta de 0.5 mL de agua destilada y 0.05 mL de etileno para la aplicación de los tratamientos 2 y 3. Sin embargo se puede utilizar una dosis más baja con fines de evaluación, pero si es posible adoptar este manejo en comunidades productoras de ambas leguminosas de manera silvestre; debido a que el etileno cuesta \$ 260.00 L⁻¹. Cantidad relativamente accesible para el productor, ya que puede alcanzar para altas densidades de árboles de mezquite y huizache.

Un litro de etileno está compuesto de 1000 mL y la dosis empleada en esta investigación fue de 0.5 mL; por lo que si hacemos la división podemos inferir que se puede aplicar la dosis en una densidad de 2000 árboles.

6.6 Comparación de Goma de mezquite y huizache del CEBAJ en Celaya versus Goma de Mezquite en Sonora

Uno de los pocos estudios comparativos es el reportado por Yolanda López Franco del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC (CIAD AC) y CONAFOR en julio de 2009 (Cuadro 9 y Figura 21) respecto a la extracción de goma de mezquite.

Cuadro 9. Estimado de rendimiento de Goma de Mezquite en Sonora.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
Áreas de mezquital en Sonora	1,900,000	ha
Rendimiento de goma	390 -1200	g ha ⁻¹
Producción silvestre estimada en Sonora	740 a 2,300	t
En áreas cultivadas (10 x 10 m)	40	Kg ha ⁻¹
Valor	2	\$ dls kg ⁻¹
Valor	80	\$ dls ha ⁻¹
La demanda nacional de goma arábica podría reducirse o satisfacer con goma de mezquite de Sonora.		

Fuente: CIAD, A.C, 2009.



Figura 21. Goma de Mezquite en Sonora.

Sin embargo con este experimento se obtuvo un rendimiento superior al reportado por el CIAD AC., pues de 9 individuos muestreados de mezquite se obtuvieron 209.2 g del T2 y 207.6 g del T3.

En el caso del huizache se obtuvo de 9 individuos un rendimiento de 1076.7 g del T2 y 1049.5 g de T3 por lo que se comprueba que con la estimulación del etileno, supera los valores reportados; ya que de manera natural (en el T1, testigo) no se encontraron cantidades de goma significativas. Y en la literatura no se reportan estimados, tratamientos del exudado de *Acacia farnesiana*; de ahí la importancia de la investigación.

6.7 Comparación de Análisis químico proximal de goma de mezquite y huizache versus goma arábica

De acuerdo a lo reportado por el CIAD, AC. En el laboratorio de biopolímeros, donde se detectaron los siguientes parámetros para la goma de mezquite (cuadro 10).

Cuadro 10. Composición Química Proximal de Goma de Mezquite de Sonora.

Parámetro	Porcentaje
humedad	10
cenizas	2.61
taninos	0.35
nitrógeno total	0.7
proteína	3.73

Fuente: Elaborado por Yolanda I. López Franco del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC (CIAD) y CONAFOR en julio de 2009.

Para la goma de huizache no se encontró dentro de la literatura investigaciones sobre estudios químicos y de análisis del exudado de *Acacia farnesiana*. Sin embargo los resultados arrojados en esta investigación demuestran que no sólo la GM comparte muchas características físico químicas con la goma arábiga sino que también la GH y con mayores ventajas como que:

- Se disuelven más rápido que la goma arábiga, y a la vez aceleran la dispersión de los ingredientes.
- Atrapan de mejor forma los compuestos aceitosos; los productos obtenidos son más estables en color y sabor.

La similitud entre las gomas arábiga y de mezquite es conocida, pero no, entre la goma de huizache y supera en calidad según lo obtenido en su composición química proximal de ambas gomas.

La GM no está aprobada por la FDA y FAO/WHO, CODEX. Aunque en México ya fue aprobada por la Secretaría de Salud en 1996 para su uso en alimentos procesados; en especial en la industria refresquera.

Debido a que las GM y GH contiene compuestos polifénolicos o taninos; sin embargo no se ha observado que presente riesgo para la Salud en la población consumidora. La goma arábiga también contiene taninos. Debido a este pequeño problema, existen soluciones como la clasificación manual y la tecnología de ultrafiltración-diafiltración.

Aunque bien puede usarse también para GH pues finalmente es más clara que la GM. Otra de las soluciones es la tecnología mencionada con anterioridad, la cual se muestra en el siguiente diagrama (Figura 22).

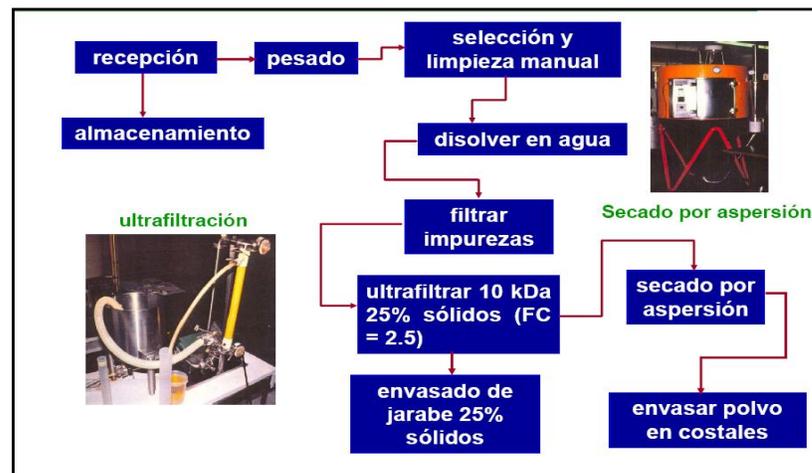


Figura 22. Purificación de la Goma de Mezquite y Huizache.

Los estándares mínimos para la goma arábica de buena calidad han sido definidos en la Farmacopea de los Estados Unidos, Edición XVII (1965) de la siguiente forma: 4 % de cenizas totales (máximo), 0.5 % de cenizas insolubles al ácido (máximo), 1 % de residuo insoluble en agua (máximo). En 1966, establecieron especificaciones más rígidas para la goma arábica y se publicaron en el Foods Chemical Codex y se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Estándares de la Goma Arábica.

Arsénico (como As)	No más de 3 ppm.
Cenizas totales (total)	No más de 5 %
Cenizas (insolubles en ácido)	No más de 0.5 %
Metales pesados (como Pb)	No más de 40 ppm
Plomo	No más de 10 ppm
Materia insoluble	No más de 1 %
Pérdida por secado	No más de 15 %
Ausencia de almidón, dextrinas o taninos de acuerdo a pruebas estándar	

FUENTE: Elaboración propia con datos de la farmacopea de Estados Unidos (1965).

En el cuadro 12 se realiza la comparación respectiva en cuanto a los parámetros establecidos para cada una de las gomas.

Cuadro 12. Comparativo de Parámetros de Goma de Mezquite, Goma de Huizache y Goma arábica.

Parámetro	G. Mezquite	G. Huizache	G. Arábica
Humedad	10.25 %	12.65 %	10 a 20 %
Cenizas	2.63 %	3.69 %	5.00 %
Nitrógeno Total	0.61 %	1.32 %	NR*
Proteína	4.72 %	7.94 %	2.1+-0.2 %
Extracto Etéreo	2.29 %	2.95 %	NR*
Fibra	75.00 %	70.22 %	NR*
Carbohidratos	5.96 %	2.20 %	NR*
Taninos	0.27 %	0.15 %	0.49+-0.04 %

*NR: no reportado. Fuente: Elaboración propia con datos de laboratorio CEBAJ del INIFAP, Celaya, Gto.

Es importante mencionar que ambas gomas son potencialmente sustitutas de la goma arábica pues cumplen con todas las especificaciones e incluso las superan; tal es el caso del bajo contenido de taninos en la GH Con lo que respecta de humedad y cenizas también alcanzan un buen grado de aceptación.

7. CONCLUSIONES

El mezquite y huizache respondieron en forma satisfactoria a la aplicación de los tratamientos establecidos para acelerar la extracción de goma.

Con la aplicación de etileno en los Tratamientos 2 y 3 se obtuvieron mayores rendimientos de Goma de Mezquite y Goma de Huizache bajo condiciones de temporal.

Sin embargo la cantidad de goma de huizache es más promisorio que de la goma de mezquite ya que la relación del rendimiento del primero frente al segundo fue de 5 a 1.

También se comprobó mediante el análisis químico proximal que ambas gomas de mezquite y huizache tienen similitud e incluso mejora los parámetros requeridos por la Food and Drug Administration para el uso de la goma arábica en la industria alimenticia, ya que las impurezas y los taninos son inferiores en las gomas de *Acacia farnesiana* y *Prosopis laevigata* ya que en esta investigación se obtuvo 0.15 y 0.27 % respectivamente; mientras que en la goma arábica se ha obtenido hasta 0.49 % de taninos. Por lo que ambas gomas (de mezquite y huizache) pueden ser un producto sustituto. Sin embargo, es importante mencionar que aunque la goma de mezquite ya fue aprobada en México para su uso en la industria alimenticia por la Secretaría de Salud desde 1996; aún existen retos importantes para la aprobación por la Food and Drug Administration y otras dependencias europeas para poder competir a nivel mundial.

Es posible adoptar este manejo con etileno en comunidades productoras de ambas leguminosas, es decir, que árboles de mezquite y de huizache localizados de manera silvestre pueden ser manejados con dicho sistema y ser revalorizados como árboles y arbustos de usos múltiples importantes como lo es la extracción de sus gomas, restauradores de procesos erosivos en el suelo (fijadores de nitrógeno), forraje (alimentación para ganado) miel y no sólo ser removidos para producción de carbón o indiscriminadamente. Además de constituir un ingreso considerable para las comunidades de zonas áridas y semiáridas del país.

8. RECOMENDACIONES

Se requerirá de más estudios para plantear opciones de diseños de sistemas agroforestales en diferentes zonas del país, de estrategias adecuadas para su colecta y almacenamiento que coadyuven a evaluar la sostenibilidad de su explotación.

También se sugiere realizar más estudios para encontrar la dosis óptima de manejo en zonas silvestres y revalorizar la importancia de ambas especies en cuanto que pueden obtenerse productos forestales no maderables, que puede usarse como en tecnologías lineales; tales como: curvas de nivel, cortinas rompevientos, cercos vivos, entre otras.

Se sugiere a los pequeños productores y a prestadores de servicios profesionales formar una acopiadora con el fin de obtener grandes volúmenes de goma para satisfacer demanda de por lo menos una industria.

Por otra parte se recomienda hacer la incisión y aplicación de etileno en rama secundaria, debido a que no existió diferencia significativa en el rendimiento; además de que sería más fácil la colección; puede ser colectada por mujeres, dado que no es un trabajo pesado.

Se recomienda revalorizar las especies de *Acacia farnesiana* y *Prosopis laevigata* de manera silvestre ya que tiene funciones importante y vitales. En el Campo experimental del Bajío (CEBAJ) INIFAP se encuentra de manera silvestre para fines de investigación y hasta el momento se ha combinado con maíz, amaranto y mezquite obteniéndose resultados favorables por lo que puede ser una alternativa de aprovechamiento y de un diseño agroforestal.

Para la comercialización existen presentaciones de goma en varias formas, según exigencias del cliente. Puede ser en polvo, en barra, en terrones; en canicas así como diversas maneras de presentaciones la mercadotecnia puede realizarse vía internet estableciendo contactos, convenios y acuerdos.

9. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis, 15 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Abdel-Aksher M, Smith F, Spriestersbach D. 1952. The constitution of mesquite gum. Part IV. Determination of the structure of the amide of 6-(4-methyl-D-glucofuranosyl)-methyl-D-galactopyranoside J. Chem. Soc. 697: 3637-3640.
- Adame, J. y H. Adame. 2000. Plantas curativas del noreste mexicano: Nuevo león, Coahuila, Tamaulipas y Altiplano Potosino. Ed. Castillo, Monterrey, N.L. México. 386 p. ISBN 970-20-0086-6.
- Aguilar Hernández Mano. 1992. Introducción. Depósito de Documentos de la FAO. Rama Forestal y fauna silvestre.
- Anderson DMW, Farquhar JGK. 1982 Gum exudates from the genus *Prosopis* *Int. Tree Crops J.* 2:15-24.
- Anzil, Federico. 2009. Recursos Naturales. Definición de Recursos Naturales. 2009.
- Arrache H., H. 2000. Estudio de la contaminación en el estado de Guanajuato. Instituto Tecnológico de Celaya. 232 p.
- Aspinall GO, Whitehead CC. 1970a Mesquite gum I. The 4-O-methylglucoronagalactan core. *Can. J. Chem.* 48:3840-3849.
- Aspinall GO, Whitehead CC. 1970b Mesquite gum II. The arabinan peripheral chains. *Can. J. Chem.* 48: 3850-3855.

- Beristain CI, Azuara E, García HS, Vernon-Carter EJ 1996 Kinetic model for water/oil absorption of mesquite gum (*Prosopis juliflora*) and gum arabic (*Acacia senegal*). Int. J. Food Sci. Technol. 31: 379-386.
- Blanco, M., A. Parra y E. Ruíz M. 2000. Breve historia de Guanajuato. Serie: Breves historias de los estados de la República Mexicana. Fideicomiso Historia de las Américas. El Colegio de México. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 290 p. ISBN 968-16-6050-1.
- Burley, J. & von Carlowitz, P. 1984. Multipurpose tree germplasm. Proceedings of a Planning Workshop. Nairobi, Kenia. 223 p.
- Calvo Miguel. 1991. Bioquímica de los alimentos. Gomas de Resinas.
- Cedillo, V. y Mayoral, P. 1997. "*Prosopis laevigata*". FAO.RLC. Agroforestería en zonas áridas.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional del Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F. 847 p. ISBN 970-9000-02-0.
- CONAFOR 2002 Diversificación productiva y aprovechamiento del mezquite *Prosopis spp.* en el estado de Sonora. Comisión Nacional Forestal. México.
- Convocatoria de proyecto de conservación de la biodiversidad _subproyecto PFNM (COINBIO).

- CuneenJI, Smith F 1948a.The constitution of mesquitegum.Part I. Insolation of 6- y 4-glucuronosidogalactose. J. Chem. Soc.227: 1141-1146.
- CuneenJI, Smith F. 1948b.The constitution of mesquitegum. Part II. Methylated mesquite gum.J. Chem. Soc.228: 1146-1157.
- Dávila, A.H. 1982. La distribución del mezquite en México. In: Segunda reunión Sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto. Memorias 28 – 30 de julio. SARH. Gómez Palacio, Dgo.
- EMPROVE, 2010. Goma arábica secada por pulverización, adecuada para uso como excipiente. Artículo número 104228, Versión 5.6. 07/11/2010.
- FAO. 1995. Memoria Consulta de Expertos sobre Productos Forestales No Maderables para América latina y el Caribe. Serie Forestal. V.1. Departamento de Forestales. Número de trabajo T2354.
- Ficha técnica del Huizache (*Acacia farnesiana*) Publicado en: Species Plantarum. Editioquarta 4(2): 1083-1084. 1806.
- Ficha técnica del Mezquite (*Prosopis laevigata*) por Cervantes Ramírez Marta Concepción, 2006.
- Fincher GB, Stone BA, Clarke AE. 1983 Arabinogalactan-proteins: structure, biosynthesis and function. *Annu. Rev.PlantPhysiol.* 34: 47-70.

- Flores Olvera María Hilda. 2011. Las zonas áridas y semiáridas de México, las menos exploradas. Boletín UNAM-DGCS-763. Ciudad Universitaria. 06 hrs. 27 de diciembre de 2011.
- Garti N, lesser ME. 2001. Emulsification properties of hydrocolloids. Polym. Adv. Technol. 12: 123-135.
- Gómez, L. 1970. Importancia económica de los mezquites *Prosopis* spp. en algunos estados de la República Mexicana. México.
- González-Lagoa, Juan, González-Toro, Carmen y Wiscovich-Teruel, Saúl. 2001. “Encuentro con el mar”, Impresos Sea Grant, 2001.
- Goycoolea FM, Calderón de la barca AM, Balderrama JG, Valenzuela JR., Hernández G. 1998. Processing and functional behavior of low-tannin mesquite gum. En Williams PA, Phillips GO (Eds) *Gums and stabilizers for the food Industry* 9. Royal Society of Chemistry. Cambridge, RU. Pp.305-313.
- Goycoolea FM, Cárdenas A, Hernández G, lizardi J, Álvarez G, Soto FJ. 2000. Polisacáridos aislados del mezquite y de otras plantas del desierto. II Simp. Int. Utilización y Aprovechamiento de la Flora Silvestre de Zonas Áridas. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. pp. 245-260.
- Guerreo J. 1998. Conociendo el Estado de Guanajuato: tercer grado. Ed. Trillas. México. 192 p. ISBN-968-24-0952-7.

- Hernández Cárdenas, Gilberto, Pair 1995. Los recursos forestales no maderables de zonas áridas y semiáridas, su importancia, evaluación y generación de propuestas de aprovechamiento. En internet: <http://base.d-p-h.info/es/fiches/premierdph/fiche-premierdph-1809.html> consultado el 29 de agosto de 2012. Fuente. Artículos y dossiers. -UNAM. Durango, ERA A.C.; CAMPO A.C.; WWF in. Foro Forestal, (México), N°3, 2ª época. México. p 5.
- ICRAF, 2002. AgroforestryDatabase. International Center of Research on Agroforestry. World Agroforestry Center.FAO. Kenya, Africa. Available: <http://www.Icraf.org> [2002, Nov 11].
- Jones, S. 1987. Sistematización Vegetal. 2da. Edición. Libros MC Graw-Hill de México, S.A de C.V. Fuentes impresores, S.A. pp. 536.
- López F.Y., Gooycolea M. F., Valdéz M.A., Calderón A.M. 2006. Goma de Mezquite: una alternativa de uso industrial. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. Vol. 31. No. 003. pp.189.
- Orozco-Villafuerte J, Buendía-González I, Cruz-Sosa F, Vernon-Carter J. 2005.Increased mesquite gum formation in nodal explants cultures after treatment with a microbial biomass preparation.
- Osman ME, Williams PA, Menzies AR, Phillips GO. 1993. Characterization of commercial samples of gum arabic.J. Agric. Food Chem. 41: 71-77.
- Prosky, L., *et al.* 1988. Determination of insoluble soluble and total dietary fiber in foods and food products; Interlaboratory Study. (J. AOAC 71:1017-1023).

- Rico, I. Z. Nieto V. y H. Bourges R. 2000. Evaluación de la dosis letal media (LD-50) y fibra dietética de la goma de mezquite. *In: Frías- Hernández J. T., V. Olalde- Portugal y E. J. Vernon Carter (Eds.). El mezquite, árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato. México. p. 203 -210.*
- Rigoberta Meza Sánchez, Esteban Ozuna leal. 2003. Estudio Basometrico en la zona De las Pocitas, B.C.S. INIFAP.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial. Limusa. México. 432 pp.
- Salas A, .M.D., J.Romero N. y E. García A. 2000. Brúsquidos asociados a tres especies de mimosáceas del Bajío Guanajuatense, México. *In: Frías- Hernández J.T., V. Olalde - Portugal y E.J. Vernon Carter (Eds.). El mezquite, árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato. México p. 109-116.*
- SARH. 1994. Inventario forestal periódico del estado de Guanajuato. Celaya, Gto., México. SARH. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. 73 p.
- Secretaría de Economía. 2005. Importaciones por país para la subpartida 1301.20 (Goma arábica.). Secretaría de Economía. México. www.economia-scni.gob.mx.

- SEMARNAP, 2000. Especies forestales no maderables y maderables no tradicionales de zonas áridas y semiáridas de Durango, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. PROCyMAF. México. Disponible: <http://www.semarnap.gob.mx /pfnm2/fichas. HTML> [2000, Nov 19].
- SEMARNAP. 1998. Diagnóstico de la deforestación de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección Forestal. México. 29 p.
- SEMARNAT. 2004. Recursos Naturales. Secretaría del Medio Ambiente de Recursos Naturales, Delegación, Guanajuato. León, Gto., México. Disponible en internet: http://www.semarnat. gob.mx/Guanajuato/contenido/04_recursos_naturales. shtml [2004, Sep].
- Vernon-Carter EJ, Beristain CI, Predroza-Islas R. 2000. Mesquite gum (*Prosopis gum*) En Doxastakis G, Kiosseoglou V (Eds.) Developments in Food Science 41. Novel Macromolecules in Food Systems. Elsevier Amsterdam, Países Bajos. pp. 217-238.
- Villanueva D.J.1993. Distribución actual y características ecológicas del Mezquite *Prosopis laevigata H. et B. Johnst* en el Estado de San Luis Potosí. División forestal, INIFAP. 2da. Ed. Coyoacán, D.F., México. 326 p. ISSN 0185- 2361.
- Villegas E.; y Mertz E.T. 1970. Screening technique used at CIMMYT for protein quality maize. Technical Bull. No. 20 CIMMYT México.
- White AV. 1946. The constitution of mesquite gum I. Themethanolysis products of methylated mesquite gum. *J. Am. Chem.Soc.* 68:272-275.

- White AV. 1948. The constitution of mesquite gum IV. 4-Methoxy-D-glucuronic acid. *J. Am. Chem.Soc.* 70:367-369.
- White AV. 1947a. The constitution of mesquite gum II. Partial hydrolysis of mesquite gum. *J. Am. Chem.Soc.* 69:622-623.
- White AV. 1947b. The constitution of mesquite gum III. Hexamethyl-3 glucuronosidomethyl-galactosidemethylester. *J. Am. Chem.Soc.* 69:2264-2266.
- Wilde de R., C. 1971. Practical applications of (2-Chloro-ethyl) phosphonic acid in agricultural production Hort. Science 6 (4): 364-370.
- Wood, P.J. et Burley, J. 1993. Les arbres à usages multiples: Introduction et évaluation pour l'agroforesterie. Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale, Centre International pour la Recherche en Agroforesterie. Bruxelles, Belgique. pp. 11-21.

Páginas consultadas en Internet:

<http://www.ciad.mx/>. Consultado en Julio 2012.

http://es.wikipedia.org/wiki/Goma_ar%C3%A1biga. Consultado el 17 de septiembre de 2012.

http://www.bedri.es/libreta_de_apuntes/G/GO/Goma_arabiga.htm. Consultado en Septiembre 2012.

http://www.bioplanet.com.mx/www/index.php?option=com_content&view=article&id=58:huizache-clave-aa004&catid=13:catalogo&Itemid=91. Consultado en Septiembre 2012.

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/38-legum4m.pdf. Consultado en Septiembre 2012.

http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2011_763.html. Consultado el 29 de agosto de 2012. Flores Olvera María Hilda. Boletín UNAM-DGCS-763.Ciudad Universitaria. 06:00 hrs. 27 de diciembre de 2011.

<http://www.econlink.com.ar/definicion/recursosnaturales.shtml>. Consultado el 29 de agosto de 2012. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México(*Prosopisspp.*) y Recursos Naturales.

<http://www.elnasrltd.com/index.php/sp/products/product/12/Instant-Powder-Gum-Arabic>. Consultado el 17 de septiembre de 2012.

<http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s0y.htm>. Deposito de documentos de la FAO.2012. Consultado el 29 de agosto de 2012.

<http://www.guanajuato.gob.mx/celaya/caracteristicas.htm>. Consultado en Septiembre 2012.

http://www.herbolaria.wikia.com/wiki/goma_arábiga. Consultado en Septiembre 2012.

<http://www.inifap.gob.mx> Consultado en Septiembre 2012.

<http://www.insa.com/rancho-lobos/rancho-lobos/goma.shtml> Consultado en Septiembre 2012.

<http://www.insa.com/rancho-lobos/rancho-lobos/goma.shtml>. Consultado el 17 de septiembre de 2012.

http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_05f.asp?page=05e1. Consultado el 17 de septiembre de 2012.

<http://www.quimatic.cl/industria-alimenticia/goma-arabiga.html>. Consultado el 17 de septiembre de 2012.

<http://www.quiminet.com/articulos/aplicaciones-de-la-goma-arabiga-2681364.htm>. Consultado el 17 de septiembre de 2012.

<http://www.quiminet.com/articulos/goma-arabiga.5562.htm> Consultado en Septiembre 2012.

<http://www.tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5750/capit1.pdf> Consultado en Septiembre 2012.

Página electrónica del Departamento de Recursos Naturales de Puerto Rico, 9-04. "Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems, No. 2, Spring, 1997, Ecological Society of America. <http://www.esa.org/science/Issues/>