

Universidad de Guadalajara

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



ESPECIES VEGETALES NATIVAS DE LAS ZONAS ÁRIDAS
Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO CON POTENCIAL
PARA LA DOMESTICACIÓN.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA
SALVADOR CALDERÓN PARRA

GRACIELA FIGUEROA VILLASEÑOR

GUADALAJARA, JAL.

ENERO 1994



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Expediente

Número

Sección

C. SALVADOR CALDERON PARRA

P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted, que con esta fecha ha sido aprobado el tema de tesis "ESPECIES VEGETALES NATIVOS DE LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS DE MEXICO CON POTENCIAL PARA LA DOMESTICACION" para obtener la Licenciatura en Biología.

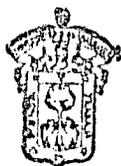
Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicha Tesis el Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"

Guadalajara, Jal., 14 de Septiembre de 1993

EL DIRECTOR

DR. EULOGIO PIMIENTA BARRIOS



FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

EL SECRETARIO

M. EN C. MA. GEORGINA GUZMAN GODINEZ

c.c.p.- El Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Director de Tesis.-pte.
c.c.p.- El expediente del alumno

EPB/MGGG/cglr.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Expediente

Número

Sección

C. GRACIELA FIGUEROA VILLASEÑOR

P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted, que con esta fecha ha sido aprobado el tema de tesis "ESPECIES VEGETALES NATIVOS DE LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS DE MEXICO CON POTENCIAL PARA LA DOMESTICACION" para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicha Tesis el Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"

Guadalajara, Jal., 14 de Septiembre de 1993



FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

EL DIRECTOR

DR. EULOGIO PIMIENTA BARRIOS

EL SECRETARIO

M. EN C. MA. GEORGINA GUZMAN GODINEZ

c.c.p.- El Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Director de Tesis.-pte.
c.c.p.- El expediente del alumno

EPB/MGGG/cglr.

C.

Director de la Facultad de Ciencias Biológicas
de la Universidad de Guadalajara

P R E S E N T E.

Por medio de la presente, nos permitimos informar a
Usted, que habiendo revisado el trabajo de tesis que realizó el
(la) Pasante E. Calderón Parra Salvador

código número 084024111 con el título Especies Vegetales
Autóctonas de las zonas áridas y semiáridas de México con potencial
para la domesticación.

consideramos que reúne los méritos necesarios para la impresión de
la misma y la realización de los exámenes profesionales
respectivos.

Comunicamos lo anterior para los fines a que haya
lugar.

A T E N T A M E N T E

Guadalajara, Jal. a de

199

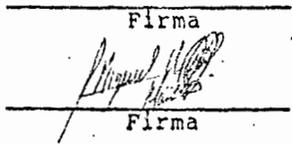
EL DIRECTOR DE TESIS

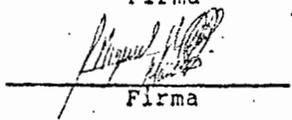

 DR. EULOGIO PIMIENTA BARRIOS.

SINODALES

1. M. EN C. CARLOS ALVAREZ MOYA
Nombre completo
2. M. EN C. FRANCISCO DE ASIS SILVA BATIZ
Nombre completo
3. BIOL. MIGUEL ANGEL MACIAS
Nombre completo


 Firma


 Firma


 Firma

C.

Director de la Facultad de Ciencias Biológicas
de la Universidad de Guadalajara

P R E S E N T E.

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de tesis que realizó el (la) Pasante C. Figueroa Villaseñor Graciela código número 77274383 con el título Especies Vegetales Nativas de las zonas áridas y semiáridas de México con potencial para la domesticación. consideramos que reúne los méritos necesarios para la impresión de la misma y la realización de los exámenes profesionales respectivos.

Comunicamos lo anterior para los fines a que haya lugar.

A T E N T A M E N T E

Guadalajara, Jal. a de 199

EL DIRECTOR DE TESIS


DR. EULOBIO PIMIENTA BARRIOS

SINODALES

1. M. EN C. CARLOS ALVAREZ MOYA
Nombre completo


 Firma

2. M. EN C. FRANCISCO DE ASIS SILVA BATIZ
Nombre completo

Firma

3. BIOL. MIGUEL ANGEL MACIAS
Nombre completo


 Firma

DEDICATORIAS

___ A Dios gracias, por darme la oportunidad de estudiar esta carrera e iluminar mi camino y llegar a un feliz término.

___ A mi esposa Patricia, por su amor, comprensión y ayuda en toda mi carrera, hasta titularme.

___ te amo Patricia ___

___ A mis hijos Cinthya, Salvador, y Mitchel, por escucharme, comprenderme y tolerar mis diferentes estados de ánimo.

___ los quiero mucho ___

___ A mis Padres, por darme la vida, su ejemplo, a ser buen hijo, y aún a pesar del tiempo nunca perdieron la fe en mí.

___ A mis hermanos: Ricardo, Susana, Antonio, Judith, Gloria, y muy especialmente a Martín y a Luz Cristina;

___ gracias por su apoyo ___

___ Al Ing. Rogelio Quintanilla por motivarme.

___ A Graciela por tu amistad, convivencia y compartir esta carrera y lograr con gran esfuerzo la culminación de la misma.

___ A Parientes y amigos, por su amistad y estímulo que me han brindado.

DEDICATORIAS

- ___ A Dios gracias por darme la fortaleza necesaria para seguir adelante.
- ___ A mi Padre Juan Manuel Figueroa: †
Aunque no viste culminados tus esfuerzos y enseñanzas, aún estás dándome tu fortaleza para lograrlo.
- ___ A mi Madre: por su confianza, fé y muestras de amor y aliento durante toda mi carrera.
- ___ A mi hermano Miguel: tu ayuda fortaleció el espíritu para seguir adelante.
- ___ A mi hermana Carolina: gracias por estar a mi lado y haberme apoyado cuando más sola y derrotada me sentía.
- ___ A Salvador mi amigo: por fin realizamos nuestro gran sueño, gracias por no haberme olvidado después de tantos años y confiarnos ésta tan maravillosa empresa.
- ___ A parientes y amigos, por brindarme su amistad, estímulo y confianza.

AGRADECIMIENTOS

___ A la Universidad de Guadalajara y Catedráticos que a ella pertenecen; gracias por la formación que en ella obtuvi -- mos, y la oportunidad de realizarnos como profesionistas, gracias por su dedicación y empeño a lo largo de nuestra época universitaria.

___ Hasta siempre Alma Mater ___

___ Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios:

Nuestro director de Tesis, gracias por haber confiado en nosotros; y lo que hemos aprendido en este tiempo nos servirá para ser mejores profesionistas, gracias por habernos abierto sus puertas.

___ A la Bióloga Cecilia Neri L.

Gracias porque aún sin conocernos nos apoyaste y nos brindaste tu conocimiento y experiencia en esta meta, no te defraudaremos.

___ Al Ing. Perfecto Miguel Martínez:

Gracias por confiar sus conocimientos en nosotros, su tiempo y apoyo que nos brindó en este proyecto que -- tiene un gran valor.

___ Al Ing. Eduardo Salcedo:

Sus aportaciones para la realización de esta Tesis, -- fueron importantes, gracias por ofrecernos su amistad.

_____ Al Biol. Miguel Angel Macías R. :

Nuestro asesor, quien fungió como maestro, amigo, compañero que con su paciencia y dedicación logramos lo más deseado.

_____ A Hugo Ochoa Delgadillo:

Gracias por habernos dado un poco de tu tiempo, para que con él veamos realizado esta Tesis, tu ayuda y conocimientos -- fueron invaluable y desinteresados.

I N D I C E

RESUMEN

- 1.- INTRODUCCION
- 2.- METODOLOGIA
- 3.- JUSTIFICACION
- 4.- OBJETIVOS
- 5.- DESCRIPCION FISICA Y BIOLOGICA DE LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS
 - 5.1 Distribución geográfica
 - 5.2 Clima
 - 5.3 Suelo
 - 5.4 Vegetación
 - 5.5 Domesticación de Especies Vegetales
- 6.- DESCRIPCION DE ESPECIES NATIVAS
 - 6.1 Nopal
 - 6.2 Pitayo
 - 6.3 Garambullo
 - 6.4 Mezquite
 - 6.5 Guayule
 - 6.6 Maguey
 - 6.7 Huizache
 - 6.8 Calabacilla loca
 - 6.9 Pastos y Arbustos
 - 6.10 Palmas
 - 6.11 Jojoba
 - 6.12 Candelilla
 - 6.13 Gobernadora
 - 6.14 Barreras biológicas
- 7.- CONCLUSIONES
- 8.- LITERATURA CITADA

R E S U M E N

Este trabajo es una revisión bibliográfica sobre algunas de las principales especies de zonas áridas con potencial para la domesticación, en base a la utilidad que se le dan a las mismas. Se presenta información sobre trece especies que son: Nopal, Pitayo, Garanbullo, Mezquite, Guayule, Maguey, Huizache, Calabacilla loca, Yuca, Jojoba, Candelilla, Gobernadora, Pastos y Arbustos.

Algunas de las utilidades más importantes que presentan son: forrajera, industrial y alimenticia entre otras.

1. INTRODUCCION

Las zonas áridas y semiáridas cubren aproximadamente el 40% de la superficie de la tierra. En estas zonas el agua es el principal factor limitante en la productividad de las plantas. Un reflejo de esta escasez se refleja en la productividad primaria neta (ganancia de materia seca arriba de la superficie del suelo), la cual varía de 25 a 400 y 250 a 1000 g m⁻² en las zonas áridas y semiáridas respectivamente, que es mucho menor a los valores superiores a 3000 g m⁻², registrados en vegetación que se desarrolla con abundante agua (Fischer y Turner, 1978). En América Latina y el Caribe estas zonas ocupan un tercio de esta región, estando situadas en el polígono de la sequía del Brasil nor-oriental, el Chaco Boliviano, Argentino y Paraguayo, en la parte central y septentrional de México, en la costa del Pacífico de Ecuador, Perú y Chile, así como en gran parte de los Andes, que presentan características semiáridas, y en la Patagonia de Argentina y Chile. Estas zonas se caracterizan por presentar marginalidad productiva y fragilidad ecológica. En los últimos años se observa que además de la baja productividad se observa un deterioro notable de estas zonas debido a la sobreexplotación de los recursos naturales renovables, causado principalmente por la explosión demográfica, que requiere cada vez de más satisfactores para cubrir sus necesidades. Otra causa importante de la degradación de estas zonas es el cambio en el uso del suelo o la apertura de nuevas tierras al cultivo, en que se ha pretendido incrementar la productividad aplicando los postulados de la "revolución verde". Con el tiempo se ha observado que la deforestación causada por las dos acciones previamente indicadas han contribuido notablemente al avance del proceso de la desertificación y a su vez ha reducido aún más la productividad de estos ecosistemas. Por otro lado, los intentos de incrementar la productividad adoptando los conceptos tecnológicos de la revolución verde han creado más problemas que soluciones como (Maldonado, 1982). Una alternativa para estas zonas es el uso de especies nativas, las presentan una mayor adaptación a las condiciones limitantes que prevalecen en estas zonas, por lo que se reduce considerablemente el suministro de energía (e.g. agua, fertilizantes) para incrementar su productividad, con lo cual se reduce considerablemente la contaminación del suelo y del agua. Uno de los propósitos fundamentales de esta revisión es describir algunas de las especies vegetales que presentan potencial para incrementar y estabilizar la productividad de los agrosistemas en las zonas semiáridas de América Latina. Estas especies se pueden agrupar por sus fines utilitarios (e.g. frutales, forrajeras).

industriales, combustibles, productoras (de fibras y materiales de construcción y especies medicinales). Sin embargo la mayoría de ellas presentan usos múltiples como es el caso del nopal y el mezquite, por lo que en esta se presentará para cada especie una descripción biológica, seguida de una descripción de sus usos potenciales.

2. METODOLOGIA

Para poder cumplir con los objetivos del presente trabajo, se llevo a cabo una revisión exhaustiva de literatura publicada usando las fuentes tradicionales de información como fueron: artículos, libros, reportes técnicos, tesis de maestría y licenciatura, revistas científicas, atlas, simposium, etc.. Referente a especies que se desarrollan en zonas áridas fue a través de la comunicación directa con diversos investigadores que realizan trabajos referentes a este tipo de especies.

Una vez obtenida la información se realizó una clasificación y análisis crítico de la misma con la finalidad de que se pueda valorar en cada una de las especies su potencial como recurso genético con potencial para la domesticación.

3. JUSTIFICACION

Se requiere el acopio y clasificación de recursos genéticos vegetales nativos de zonas áridas y semiáridas de México, ya que actualmente la información que existe, se encuentra dispersa. Su agrupación y clasificación permitirá establecer el orden jerárquico, el valor potencial de estas especies como recurso genético

4. OBJETIVOS

I. Identificar a través de la revisión bibliográfica especies vegetales nativas de las zonas áridas que presentan fines utilitarios.

2. Clasificar y jerarquizar las especies que se consideran como recursos genéticos de otro valor potencial y de esta manera definir las especies vegetales que presentan potencial para su domesticación

5. DESCRIPCION FISICA Y BIOLOGICA SE LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS

5.1 Distribución Geográfica.

Las regiones áridas y semiáridas comprenden una superficie de alrededor de 20 millones de kilómetros cuadrados, correspondiendo al 14 % de la superficie total del planeta, dichas zonas se distribuyen en el mundo en 5 grandes grupos que son:

- 1) Norteafricano-Euroasiático, 2) Norteamericano (en el que queda comprendido nuestro país), 3) Sudafricano, 4) Australiano
- 5) Sudamericano (García, 1973).

Hay que recordar que grandes áreas del norte y centro de México, están situados en el cinturón mundial de los desiertos

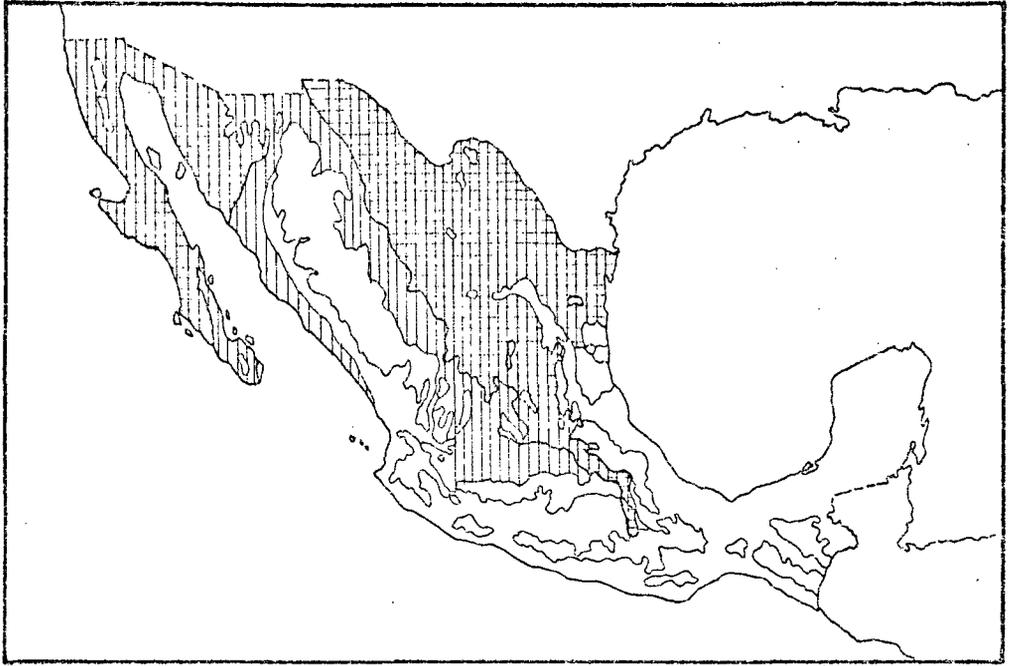
entre los 20 y 40 grados de latitud norte, región subtropical de alta presión, en donde las corrientes de aire descendentes no favorecen la formación de precipitaciones.

Esta aridez se acentúa

de sur a norte, siendo los estados de Sonora y Baja California los más secos, se sabe que la aridez del altiplano influye la orientación paralela a la costa de la sierra Madre Occidental y sierra Madre Oriental con enormes contrafuertes, detienen los vientos húmedos que provienen del mar (Melina, 1991).

Según Maldonado (1991) las regiones áridas y semiáridas cuya precipitación pluvial es menor de 300 mm anuales; con una temperatura media de 15 °C a 25 °C; con una sequía de 7 a 12 meses al año, y con una cubierta vegetal menor de 70 % principalmente especies xerofíticas. En estas zonas el principal factor limitante y ambiental es el agua; esta se debe a la circulación general que presenta la geomorfología del globo terrestre, en donde los vientos alisios circula de las zonas frías hacia las calientes, procediendo del noroeste el hemisferio norte y del sureste en el sur; este tipo de vientos, por efecto de la rotación de la tierra, son obligados a circular por los paralelos del subtropical, formando condiciones de aridez (Mosiño, 1991).

Puede suceder que una cantidad de lluvia en una región con clima predominantemente frío, pueda considerarse suficiente; mientras que la misma cantidad en otra zona donde la temperatura sea mayor, resulta insuficiente para satisfacer las demandas biológicas; o bien, una cantidad determinada, basta para sostener una vegetación normal, si esta se encuentra distribuida uniformemente a lo largo de todo el año, resulta insuficiente cuando se concentra en un corto período de precipitaciones torrenciales, separado del siguiente por un largo intervalo de intensa sequía. (Figura 1)



Zonas Áridas y Semiáridas



Región Xerófila

Figura. I.- Distribución geográfica de las zonas áridas y semiáridas de México.

Los criterios que se aplican para delimitar las regiones áridas son tres: el climatológico, que toma la cantidad y distribución de la precipitación pluvial, y sus relaciones con la temporada; el hidrológico, que considera la disponibilidad de agua con miras a su utilización, analizando no solamente los factores anteriores, sino también los orográficos y edáficos, que pueden afectar mas o menos profundamente el panorama respectivo; el ecológico que -aunque apoyandose en los datos básicos derivados de las consideraciones anteriores- usa como criterio para la delimitación de las zonas características de su vegetación.

En México, Robles (1948) fué de los primeros en enfocar su atención sobre los problemas en su interesante trabajo "La desertación de México" que, además de contener interesantes materiales geológicos e hidrológicos, fué también grito de alarma frente al manejo de los recursos básicos que son el suelo y el agua (Beltrán, 1964).

5.2. Clima

El climas de las regiones áridas, se caracteriza por sus lluvias escasas, irregulares y de tipo torrencial, humedad atmosférica y nubosidad baja, insolación intensa, temperatura con oscilaciones diurna y estacional extremas y vientos fuertes.

La distribución de las lluvias en verano indican la intensidad de las mismas, siendo la máxima en julio, debido probablemente a los movimientos convectivos del aire. Existe un período largo de sequía de octubre a mayo. A principio del otoño aumenta la precipitación, debido a los ciclones tropicales. En el invierno, por la invasión de masa polar llamado "nortes" que se cargan de humedad en las aguas cálidas del golfo. (García 1967 o 1970), pueden presentarse lluvias escasas, así como también neblinas, escarchas y a veces nevadas. Las lluvias son de tipo torrencial, cae una gran cantidad en poco tiempo; esto hace que el agua no penetre a las capas profundas del suelo sino que escurra sobre él, según pendiente y topografía canalizandose por los arroyos hasta los ríos, que generalmente son secos en la mayor parte del año y solo llevan agua después de la época de lluvias; también debe ser el hecho de que la precipitación es inferior a la evaporación.

El clima árido así como sus consecuencias en la fisiografía, en la hidrología y en los suelos, crea condiciones peculiares, adversas para el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales. Son aquellas formas que poseen adaptaciones especiales que les permiten afrontar con éxito períodos largos de escasez de agua, pueden colonizar el medio.

5.3 Suelo

Los suelos son pobres en materia orgánica y de coloración por lo general clara (gris o rojiza), ya que los escasos restos vegetales son arrastrados por el aire y por el agua y se descomponen rápidamente. Las propiedades físicas y la composición química de estos, dependen de gran parte de la roca madre que les dio origen el pH varía por neutro y alcalino (García 1991)

5.4 Vegetación

La flora de México ha sido considerada como una de las más ricas y variadas del mundo; a ello ha contribuido su situación geográfica, lo accidentado de su fisiografía y sus climas variados, así como las intensas migraciones recibidas tanto en Norteamérica como de América; y del sur. Los tipos de vegetación de las regiones áridas y semiáridas de México adquieren según el predominio de las formas biológicas que entran en su composición, rasgos particulares determinados por las condiciones ambientales en que crecen, tales como la aridez y la temperatura, como son los aluviales profundos, semeros, rocosos, calizos, salinas, etcétera y variaciones topográficas siendo generalmente distintos los tipos que crecen en la cima de los cerros, laderas, llanuras, valles o barrancas. Las especies de estas regiones generalmente se encuentran provistas de una armadura de espinas, que además de defenderlas del ramoneo de los animales evitan considerablemente la evapotranspiración. Estas plantas por lo general conservan una reserva de agua que es almacenada en las hojas y en sus tallos suculentos o bien bajo la superficie del suelo en tubérculos. En algunas de estas especies la resistencia a altas temperaturas es sorprendente ya que existen plantas que reducen la pérdida de agua desarrollando hojas pequeñas o careciendo de ellas, en otras las hojas crecen en forma vertical o bien desarrollan una capa cerosa que ocultan los estomas. Las especies de estas zonas generalmente son de color claro debido a que los follajes oscuros absorben más color durante las sequías prolongadas. Las plantas suculentas como los nopales se tornan de color grisáceo, delgados y flácidos. La vegetación de estas zonas

son llamadas cactáceas, xerofitas, herbáceas o suculentas y pudiendo ser leñosas, según se incrementa el desarrollo de los tejidos o de los parénquimas acuíferos. Las plantas y animales están ligadas a la naturaleza por una red compleja de relaciones recíprocas, dependencia y unidad fundamental básica que debemos considerar ya que incluye tanto los organismos como el medio abiótico. La flora mexicana tiene muy poco en común con la flora de las zonas áridas de climas más frescos de los Estados Unidos, en cambio presenta importantes vínculos con las de algunas zonas secas de Sudamérica. La cubierta vegetal de las diferentes zonas secas de México dentro de su diversidad presenta sin duda una serie de rasgos comunes. La vegetación de la región árida sonorense, en la región árida chihuahuense y en las regiones áridas del centro y sur de México (Rzedowski, 1987).

5.5 Domesticación de Especies Vegetales

Las plantas que actualmente se siembran en los campos llegaron a esta condición a través de un largo proceso de acondicionamiento. En esta evolución intervinieron seguramente factores fortuitos e intencionales. Los primeros estuvieron relacionados con las condiciones de vida del hombre primitivo y la forma como se obtenía el material de cultivo. Los intencionales con la selección de ciertos rasgos de las plantas que incrementan su valor utilitario y la facilidad de cosechar el producto. Por lo general no se ha reconocido suficientemente el valor de la hazaña realizada por los domesticadores prehistóricos al transformar las plantas silvestres en cultivables a pesar de que en este hecho habrieron los caminos para el avance de la civilización. El proceso de domesticación no fue fácil ni placentero para los cultivadores ni tampoco un proceso con objetivo final plenamente provisto, mas bien fue la suma en el quehacer cotidiano del ensayo de especies y técnicas de cultivos diversos. Como resultado la domesticación condujo a la producción de un conjunto heterogéneo de especies, variedades y razas, que persisten sobre todo en los centros de origen, además de modificar las características vegetales, la domesticación debió acarrear cambios culturales que permitieron aprovechar venturosamente el recurso y continuar con los avances tecnológicos. En México no es difícil encontrar ni ejemplos de vegetales en activo proceso de domesticación a diferencia de lo que ocurre en algunos centros Asiáticos y Africanos (Rzedowski, 1987).

6. DESCRIPCION DE ESPECIES VEGETALES NATIVAS DE ZONAS ARIDAS CON POTENCIAL PARA SU DOMESTICACION.

6.1 NOPAL (*Opuntia* spp.)

Los nopales pertenecen a la familia Cactaceas, subfamilia *Opuntioideae*, tribu *Opuntieae*, género *Opuntia* y subgénero *Opuntia*. El subgénero *Opuntia* incluye numerosas especies con hábitos de crecimiento arborescentes, arbustivo y rastrero (Bravo, 1978). Las especies que producen frutos comestibles ("tunas") y se destinan también como especies hortícolas, forrajeras y medicinales son: *Opuntia ficus-indica*, *O. streptacantha*, *O. megacantha*, *O. lincheimeri* y *O. amyelae* (Pimienta en prensa a).

En México el aprovechamiento del nopal se remonta a las antiguas civilizaciones mesoamericanas, principalmente a través de la recolección de frutos y partes vegetativas. Al igual que otras plantas nativas de México el nopal fue llevado por los conquistadores españoles a Europa y de allí fue introducido a distintas partes del mundo. También fue llevado al sur del Continente Americano (Pimienta, 1993a). En Chile fue introducido durante la Colonia y desde entonces ha desempeñado un papel importante en las zonas áridas marginales, en las que los campesinos son de bajos recursos económicos y poseen tierras de baja calidad (Saenz, 1985).

El uso del nopal como especie frutal es uno de los usos económicos más importantes de esta planta en el mundo. Actualmente se encuentra en condición cultivada en México, Italia Chile, Estados Unidos, Sudáfrica, Israel, Marruecos, Túnez, Colombia, Perú y Argentina (Pimienta, 1993b). El valor nutritivo

de la tuna se compara favorablemente con frutos como la manzana, pera y naranja, debido a que el contenido de azúcares es similar y en algunos casos superior al de frutos como chabacano, manzano, ciruelo, fresa, frambuesa y durazno; y su contenido de vitamina C, es cercano al registro en grupos de especies que se consideran ricos en esta vitamina (Delgado, 1985) (Tabla 1).

El uso de cladodios jóvenes de nopal, conocidos vulgarmente en México como "nopalitos", es otro de los usos importantes de esta planta en México y en los estados del sur de la Unión Americana, donde existe una amplia población de origen Mexicano. Los nopalitos se consideran como una fuente de vitaminas y minerales (principalmente vitamina C y calcio). El contenido de vitamina C es superior al registrado para lechuga y zanahoria y cercano a los valores reportados para amaranto, chayote.

espárrago, chícharo y tomate (Arthey, 1975). Aunque el contenido de carbohidratos es relativamente bajo comparado con otros vegetales, es casi el doble que se reporta para lechuga y ligeramente superior a la espinaca. El contenido de proteínas es

superior a los valores reportados para lechuga y cerca del 50% de los valores reportados para espinaca. Sin embargo, se considera que tiene contenido bajo de proteína (Hegwood, 1990).

Tabla 1. Valor nutritivo de la tuna, naranja y papaya (Cantwell, 1991).

Componente	Tuna	Naranja	Papaya
Agua (%)	35	88	88
Carbohidratos (%)	11	11	10
Fibra (%)	1.8	0.5	0.8
Lípidos (%)	0.1	0.1	0.1
Proteínas (%)	0.5	0.4	0.6
Cenizas (%)	1.6	0.4	0.6
Calcio (mg/100g)	60	40	20
Vitamina C (mg/100g)	30	50	50
Vitamina A (UI)	50	200	1,100

En áreas marginales para la agricultura tradicional, el nopal tunero se utiliza como suplemento alimenticio para el ganado y es considerado como un forraje de emergencia, cuando escasean otros forrajes debido a la falta de humedad (Barrientos, 1969; Flores y Bauer, 1977)

Otro uso importante del nopal es como planta medicinal, el cual se remonta a las culturas prehispánicas (Sánchez-Mejorada, 1982). Estudios etnobotánicos en las poblaciones rurales de México han revelado un uso extensivo del nopal como tratamiento para el control de la diabetes (Morales, 1990). Recientes investigaciones biomédicas han demostrado las propiedades hipoglucemiantes de los "nopalitos" (Frati-Munari et al. 1983). Se ha demostrado también que su consumo tiene efectos en el metabolismo de lípidos.

Se ha reportado que otras partes de la planta presentan propiedades medicinales como es el caso de la flor de nopal, que se usa en forma amplia por la población de la Isla de Sicilia, Italia. La flor de nopal se emplea para el tratamiento de problemas renales y para curar el sarampión.

Gran parte de las propiedades medicinales del nopal se atribuyen al mucilago, polisacárido que es abundante en diferentes partes de la planta del nopal. Recientemente en la Universidad de Arizona Fernández et al (1990), encontraron que este polisacárido reduce los niveles de colesterol hepático, debido a la interrupción de la circulación enterohepática.

El nopal también ha mostrado ser una alternativa ecológica productiva. En la regiones montañosas internas de la Isla de Sicilia, ha mostrado una habilidad asombrosa para enfrentar condiciones ambientales limitantes como son suelos infértiles, lluvias escasas y erráticas, y terrenos abruptos con pendiente (Barbera et al. 1990). El nopal es una de las plantas más productivas en ambientes semiáridos. La productividad de biomasa puede llegar a ser hasta de $2 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$, aún bajo condiciones limitantes de agua y llega a ser igual a la reportada para alfalfa y en especies forestales con alta productividad (Nobel, 1989). Considerando que una fracción de la superficie de la tierra es árida o semiárida, el cultivo del nopal que requiere de poca o ninguna agua puede asumir una gran importancia agronomica en el futuro (Nobel y Hartsock, 1983).

6.2 PITAYO (*Stenocereus* spp.)

La pitaya de varias especies han sido un fruto comestible de importancia en las zonas semiáridas tropicales subtropicales de México desde tiempos antiguos. El nombre de pitaya se originó en las antilla y significa fruto escamoso (Piña, 1975). Desde tiempos preshipánicos, diferentes especies de *Stenocereus* han proporcionado una fuente de alimento importante para las tribus indígenas que las tierras semiáridas de las planicies costeras del Golfo de México y el Océano Pacífico, así como en las regiones semiáridas internas de México (Sánchez-Mejorada, 1982). La explotación comercial de pitayo en México se inició al final del siglo XIX, aunque su explotación no ha alcanzado las proporciones de otras cactáceas productoras de frutos comestibles como es el caso del nopal tunero.

Las cactáceas columnares que producen frutos comestibles pertenecen a la tribu Pachycereeae de la subfamilia Cactoideae (Sánchez-Mejorada, 1984). La subtribu *Stenocereae*, es la más importante desde el punto de vista económico e incluye al género *Stenocereus* con 24 especies, que se encuentran distribuidas desde el Suroeste de Estados Unidos hasta Venezuela y Perú (Bravo, 1978). Las especies cultivadas más importantes son *S. queretaroensis*, *S. grisseus* (Haworth), *S. stellatus* (Pfeiffer) Riccobono, y *S. fricii* (Sánchez-Mejorada, 1984).

Uno de los aspectos más relevante de esta especie frutal es que presenta desarrollo satisfactorio en suelos no aptos para la agricultura convencional. En principal región productora de pitayo que se localiza en la Subcuenca de Sayula, Jalisco es común observar el desarrollo de plantaciones en suelos pedregosos pobres. De hecho el cultivo del pitayo ha servido para convertir tierras marginales en tierras productivas.

Una de las principales limitantes que presenta esta especie frutal, es el hecho de hasta el décimo año se inicia la producción comercial, aunque su periodo productivo es relativamente largo ya que algunas plantaciones presentan productividad aceptables después de 100 años (Pimienta y Nobel, en prensa). Esta planta responde favorablemente a la aplicación de agua de riego durante el período seco del año, que coincide con la época del año en que ocurre el crecimiento reproductivo (Lomelí y Pimienta, 1993). Esta respuesta se refleja en un incremento en vigor, producción de flores, tamaño del fruto. En

pocas ocasiones se aplican fertilizantes químicos, ya que de acuerdo a las experiencias de los productores, estos causan "quemaduras" en las raíces. La poda es una práctica cultural que

se aplica regularmente y tiene como objetivo principal controlar el crecimiento axial de la planta, y de esta manera facilitar la cosecha de frutos. La injertación con diferentes variedades sobre una misma planta o portainjerto es otra práctica común principalmente en nopaleras de solar y tiene como objetivo principal diversificar la producción con fines comerciales (Pimienta y Nobel, en prensa).

Relativamente pocas plagas y enfermedades afectan esta planta. La plaga más frecuentes son larvas de escarabajo que afectan el receptáculo de frutos en desarrollo, causando la abscisión de éstos. Las hormigas también causan daños a los frutos en desarrollo, causando también su abscisión. Debido a que el crecimiento reproductivo se inicia al final de período de floración, es común los daños causados por heladas tardías (Lomeli y Pimienta, 1993).

La productividad es relativamente alta comparada con otras especies frutales, ya que en la primera se aplica una menor cantidad de energía (agua, fertilizantes) que en las segundas. El rendimiento se incrementa con la edad de las plantas. En plantas de 10 años, los rendimientos son cercanos a las 5 ton ha⁻¹, a los 15 años llegar a ser cercano a las 13 ton ha⁻¹, alcanzando un rendimiento máximo a los 25 años en que los rendimientos son cercanos a las 20 ton ha⁻¹.

El peso de los frutos varía de 90 a 170 g y presentan una gran diversidad de colores que son muy atractivos y que desempeñan un papel importante en la demanda que presentan estos frutos en los mercados. En contraste con la tuna un porcentaje alto del fruto es comestible. En la tuna del 40-50% del fruto constituye la porción no comestible, en contraste con la pitaya en que la porción no-comestible ocupa solamente del 15 al 25%. El pH del fruto varía de 3.9 a 5.0, por lo que se considera que es un fruto ligeramente ácido. El contenido de azúcares es (9 a 11%) relativamente bajo, comparado con otras especies frutales como manzana, chabacano, cereza, naranja y tuna. Los niveles de proteína son bajos, aunque las semillas que son comestibles, aportan una cantidad alta de proteína, ya que es superior al registrado para la pulpa (Pimienta y Tomas, 1993) (Tabla 2).

Tabla 2. Composición química de la pulpa en diferentes variedades de *Stenocereus queretaroensis* (Pimienta y Nobel en prensa).

Variedad	pH	Acidez expresada como ácido málico(%)	Azúcares totales (%)	Azúcares reductores (%)	Contenido proteína (g/kg)	
					pulpa	semilla
Amarilla	3.9	0.50	11	10	1.3	84
Blanca	4.7	0.18	11	11	0.2	78
Mamey	5.0	0.15	10	9	0.5	90
Morada	4.6	0.29	11	10	1.1	90
Roja	4.9	0.17	10	10	1.4	92



P I T A Y O

Figura 2.- Cosecha de Aruco en planta madura de Pitayo.

6.3 GARAMBULLO (*Myrtillocactus geometrizans* (Martius))

Existen otras especies frutales que se desarrollan en regiones semiáridas de altura como es el caso del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). Es una cactácea columnar que llega a medir hasta más de 4m de altura. Presenta tronco bien definido, corto; ramificación abundante formando una copa bastante amplia, como de 5 m. Las ramas son numerosas que a su vez se ramifican, algo encorvadas, de 6 a 10 cm de diámetro de color aculado. El fruto es pequeño, de 1 a 2 cm de diámetro, globoso hasta elipsoide, moreno purpúreo, sin espinas. Su distribución se extiende desde Tamaulipas hasta Oaxaca, y es común encontrarlo en los mezquitales de los Estados del centro de México, especialmente en Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí. En estas localidades es común observar la recolección de frutos durante los meses de Mayo y Junio por parte de los habitantes de estas zonas, que comercializan los frutos en los mercados regionales (Bravo, 1978).



G A R A M B U L L O

Figura 3.- Planta adulta silvestre de garamullo, en la que observan especies silvestres de *Junonia*, *Yuca*, *Prosopis* y *Agave*.

6.4 MEZQUITE (*Prosopis* spp.)

Nombres comunes: mesquite (USA), Kiwane (Hawai), bayahonda (Haiti), cucuy (Venezuela), algarrobo (Argentina y Chile).

Los mezquites son plantas arbustivas que presentan la capacidad de fijar nitrógeno y están adaptadas a las regiones áridas y semiáridas. Debido a la introducción de especies de *Prosopis* en las regiones semiáridas de Africa, Asia y America Latina, se han detectado nuevos híbridos. Las poblaciones silvestres de *Prosopis* han sido extensivamente usadas por las poblaciones nativas de la India y los desiertos del Hemisferio Occidental, a través de la recolección de sus vainas y como fuente de leña para uso doméstico, aunque los rancheros de Suroeste de Estados Unidos, la consideran como una planta nociva, debido a que invade las praderas que se usan para alimentar el ganado bovino (Tiedeman y Klemmedson, 1973). Este argumento parte del hecho de las raíces del mezquite son laterales y se extienden hasta 10m e incluso mas y compiten con gramíneas perennes por la humedad en los espacios abiertos. Esto causa reducción en la producción de forraje e incremento en la erosión del suelo. Sin embargo, algunas especies de pasto se adaptan a vivir bajo la sombra y este es preferido por el ganado bovino, ya que este es mas palatable que el que se desarrolla en los espacios abiertos (Tiedeman y Klemmedson, 1973).

En el hemisferio occidental *Prosopis* se extiende desde los desiertos subtropicales de California, a lo largo del corredor de la costa seca tropical del Oeste de México y Centro América, Colombia, Norte de Venezuela, Ecuador y Peru. En America del sur se encuentra en los desiertos de del norte de Chile. Estas especies se encuentran en elevaciones cercanas a los 3.000 snm en Chile en la frontera con Bolivia. En este lugar la distribución de *Prosopis* atraviesa los andes y se extienden las poblaciones en el noroeste de los desiertos de Argentina, donde se encuentra *P. ferox* exists. Especies subtropicales de *P. alba* es común encontrarlas en las tierras bajas, en los desiertos de bajas latitudes de Argentina en el Chaco, aunque algunas especies tolerantes al frio se han encontrado a los 48 grados de latitud en la Patagonia (Felker, 1992).

En el año de 1942 fueron introducidas a Brasil semillas del *Prosopis* de Peru para su cultivo en las regiones del noreste de este país. Posteriormente, en el año de 1983, como un plan de reforestación se plantaron mas de 100. 000 ha de *Prosopis*. Los *Prosopis* tropicales se han naturalizado en las regiones

semiaridas de Brasil, Senegal, Sudan, Pakistan and India, donde se usan ampliamente por parte de la gente pobre como forraje y

leña. Las flores de *Prosopis*, con una de las mas ricas fuentes de nectar en el desierto. Algunas áreas de Este de Africa y los Estados Unidos, se han convertido en productores importantes de miel, debido a la gran cantidad de néctar que producen las flores de *Prosopis* (Folker, 1992).

Existe una gran diversidad de aplicaciones agroforestales del mezquite. Las vainas de *Prosopis* no contienen compuestos tóxicos y por lo tanto son fuente importante de alimento para el hombre y sus animales domésticos. Un árbol maduro puede producir hasta 40 kg de vainas y los rendimientos del mezquite pueden llegar a ser hasta de 4.000 kg/ha en un buen año. Existe variación en la composición química de diferentes líneas de mezquite. El contenido de proteína varía significativamente (10-17%) y también el de azúcares (10-44 %). esta variación en la composición química amplía la variabilidad de usos potenciales de esta planta.

Se ha encontrado que las poblaciones naturales de *Prosopis* que se encuentran en el desierto de California son capaces de fijar hasta 40 kg N /ha por año, con una cobertura foliar de 30%. De esta manera los suelos en los cuales se desarrollan poblaciones de *Prosopis*, contienen el doble de nitrógeno y materia orgánica, comparado con los suelos que se encuentran fuera de las poblaciones de *Prosopis*. En la India, los rendimientos de los cereales que crecen en suelos secos, son mas altos cuando se cultivan cercanos a plantas de mezquite.

En términos de dureza y densidad la madera de mezquite es excelente para la fabricación de muebles, ya que se agrieta muy poco, debido a su alta estabilidad dimensional. Desde una perspectiva mundial, el uso mas importante del mezquite es como leña para el consumo doméstico. El uso del mezquite como leña esta muy extendido en las áreas semiaridas de India, Pakistan, Sudan, Senegal, Haiti, Ecuador, Brasil, y Argentina. En Haiti, 85 %, de la energía que se utiliza en el país se deriva de la biomasa y se ha estimado, que cerca de la mitad se obtiene del carbón de *Prosopis* y constituye una de las principales fuentes de ingreso para las poblaciones rurales. En el Suroeste de Estados Unidos, se ha incrementado la demanda de árboles con bajos requerimientos hídricos y tolerantes al carbón, características que reúnen *Prosopis*, por lo que se ha convertido en un árbol ornamental popular en las residencias y centros comerciales.



Figura 4.- Plante sculta silvestre de mazquite.

6.5 GUAYULE (*Parthenium argentatum*)

El Guayule es una de las especies más características y abundantes del desierto mexicano. Es además del árbol del hule (*Hevea brasiliensis*), la otra especie vegetal que produce hule en cantidades de importancia económica. Esta planta prospera en climas extremos, en los que las temperaturas fluctúan de 10°C en invierno a 40°C en el verano (Castro et al. 1991) Es un arbusto miembro de la familia Asteraceae que durante los primeros años de este siglo se uso extensivamente en las regiones semiáridas del Suroeste de Estados Unidos y el Norte de México para obtener hule. Durante la segunda guerra mundial alcanzó su máxima importancia económica, aunque en los últimos años fue desplazado por el hule sintético y el obtenido por *H. brasiliensis*. Esta planta se aprovecha desde la mitad del siglo XIX y desde ese tiempo ha tenido altibajos en investigación y desarrollo (López, 1986).

Al inicio de este siglo una gran cantidad de fábricas se establecieron en México en los Estados de San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo Leon and Durango. Todas estas fábricas emplearon poblaciones silvestres de arbustos de guayule en poblaciones naturales de México y Texas. Del año de 1916 a 1946, México exportó más de 68 millones kg hule de guayule a los Estados Unidos, y una gran parte de este hule fue usado en la fabricación de neumáticos para automóviles. Sin embargo, en poco tiempo fueron agotadas las poblaciones silvestres, hasta el punto que la mayoría de las fábricas fueron forzadas a cerrar por la falta de materia prima. Después del embargo del petróleo por parte de los árabes al empiezo de los 1970's, de nuevo se prestó atención al Guayule (Naqvi, 1986).

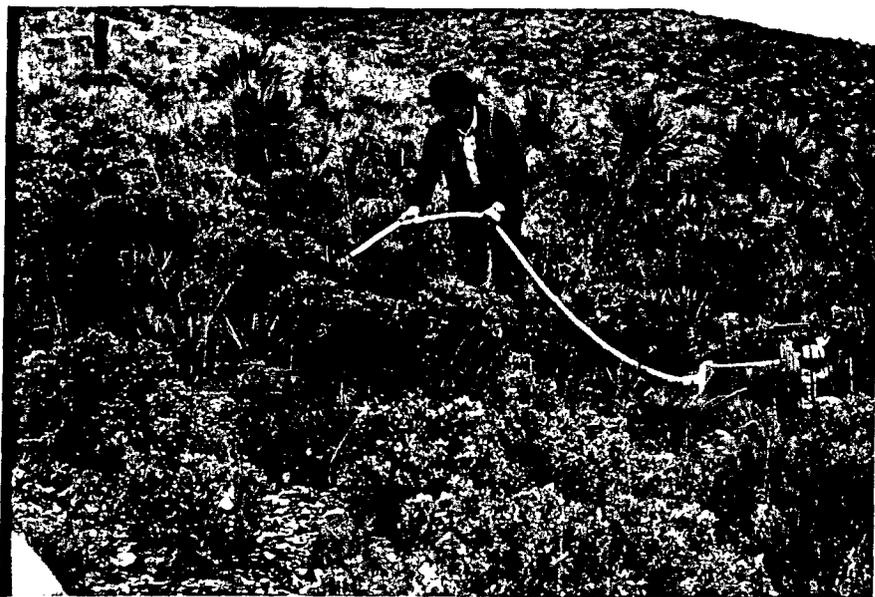
El análisis del hule del guayule ha demostrado que es igual en calidad en propiedades químicas y físicas comparado con *Hevea* y puede ser un buen sustituto de *Hevea* en la mayoría de los usos industriales en que se emplea el hule de *Hevea*. Una de las limitantes para la explotación comercial del hule del Guayule es la baja concentración de hule en el germoplasma original, sin embargo a través de trabajos de mejoramiento genético que se llevan a cabo con esta especie en la Universidad de California Riverside, se ha logrado incrementar el contenido de hule en esta especie. En la misma Universidad se llevan a cabo trabajos orientados a determinar el valor de las resinas, bagazo y otros subproductos, con el fin de incrementar los esfuerzos para mejorar la comercialización de esta planta (Naqvi, 1986; López, 1986).

El hule natural es mercancía industrial y al mismo tiempo estratégica para los Estados Unidos y también para

países industrializados. Es también un hecho biológico importante

que el árbol tropical del hule (*H. brasiliensis*) no puede ser cultivado en los Estados Unidos y otros países en los que predominan climas áridos. Por lo tanto, es importante explorar fuentes alternativas de hule natural, con el fin de evitar crisis políticas y económicas en el futuro. En conclusión el guayule es la mejor alternativa para producir hule en regiones áridas y semiáridas. Sin embargo, es conveniente llevar a cabo estudios básicos para orientar la domesticación de esta especie y estudiar técnicas agronómicas orientadas a implementar prácticas de manejo que contribuyan a incrementar la productividad de esta especie (López, 1986).

El México el guayule las plantaciones naturales están confinadas a pendientes y laderas con suelos calcareos y pedregosos con altura de 900 a 2300 msnm; una precipitación media anual de 250 a 380 mm y una variación de temperatura de -10 C en invierno a 40 C en verano. La importancia que tiene el guayule para México consiste en: 1) en su habitat natural contiene un promedio de 10% de hule; 2) en las zonas áridas del norte de México, existen aproximadamente 3 millones de toneladas de arbustos equivalente a 300 mil toneladas de hule natural; 3) México produce solo el 10% de sus necesidades internas de este producto, por lo que tiene que importar anualmente alrededor de 40,000 toneladas (López, 1986).



S U A Y U L E

Figura 2.- Cosecha mecánica de semillas de guayule.

6.6 MAGUEY (*Agave* spp.)

En las zonas áridas y semiáridas de México, la actividad de recolección de productos espontáneos vegetales es una actividad común y se realiza a lo largo del año. Una de las especies que está sujeta a este tipo de explotación es el maguey. Para lograr un aprovechamiento eficiente de esta especie los habitantes de estas zonas han generado una gran diversidad de tecnologías empíricas, entre las cuales destacan la elaboración de una gran diversidad de bebidas alcohólicas conocidas vulgarmente como: mezcal, pulque, aguamiel etc... Sus hojas son aprovechadas como forraje para alimentar el ganado bovino; el tallo de la inflorescencia ("quiote") se emplea en la alimentación humana, como material de construcción y para la obtención de fibras y como combustible cuando éste se deja secar. Además se ha usado con éxito en programas de conservación de suelos, ya que ayuda a la retención de éstos al formar parte de los bordos de las curvas de nivel (Tello, 1983). Otra gran diversidad de usos importantes de los Agaves han sido descritos por Nobel (1988), entre los cuales destaca el uso de las flores como alimento, los tallos para la manufactura de papel, jabón, shampoos y como planta medicinal.

Es una planta suculenta que se desarrolla en climas áridos y semiáridos y presenta metabolismo ácido crasuláceo (Nobel, 1988). El género *Agave* pertenece a la familia Amaryllidaceae y a la subfamilia Agavoideae, la cual contiene una sola tribu, la Agaveae, compuesta por siete géneros de plantas. El género *Agave* es el más grande de esta familia conteniendo aproximadamente 275 especies (Lawrence, 1951). Esta planta se propaga por semillas, vástagos vegetativos y propágulos en la inflorescencias.

En cuanto a la distribución de esta especie, que se extiende desde el Sur de los Estados Unidos, México y Centroamérica. Al igual que otras especies nativas de México, esta planta fue llevada por los conquistadores Españoles y Portugueses a Europa, de allí fue llevado a las Islas Azores y las Islas Canarias. En el siglo XVIII fue introducida a lo largo de la cuenca del mediterráneo. A mediados del siglo XIX fue introducida en países africanos *Agave sisalana*. Actualmente el Este de África (Tanzania, Kenia y Mozambique) es la principal región productora de fibra en el mundo. Estos países contribuyen con cerca de la mitad de la producción mundial de fibra dura, el 20% restante proviene de Brasil (Gentry, 1982). México, también es un importante productor de fibra dura, ya produce el 20% en plantaciones comerciales de *A. fourcroydes* localizadas en la península de Yucatan en el este de México y a partir de *A. lechugilla* que se recolecta de poblaciones silvestres en los estados del noreste de México (Nobel, 1988).



M A G U E Y

Figura 2.- Plantación cultivada de maquay tequilero.

6.7 HUIZACHE, ESPINO (*Acacia* spp.)

El género *Acacia* puede considerarse de gran utilidad para el hombre, debido a su apoyo en la economía, debido a la gran diversidad de productos y aprovechamiento de éstos. La leña y el carbón son dos productos importante, así como la elaboración de mangos para herramientas e implementos agrícolas. La corteza y la vaina contienen 8 y 12% de taninos, que puede ser considerado como rentable para la industria de la curtiduría. También se emplea para pava fabricar tinta, y para recuperar la goma de maná del tronco, el cual es sustituto de la goma arábiga. El jugo de las vainas se utiliza como pegamento de artículos de porcelana. En el sur de Europa, particularmente en algunas regiones de Francia, se cultiva el huizache para aprovechar el extracto de flores de las que se obtiene el perfume de *Acacia*. Además de sus flores se obtienen pigmentos, que en algunos lugares sirven para teñir telas de seda y papel, utilizándose también como planta de ornato, por la belleza de sus flores amarillas. En el campo de la medicina casera se utiliza como astringente, y la infusión que se obtiene de las flores es usada como remedio en el caso de dispepsia, disenteria, e inflamaciones de la piel y de la membrana mucosa.

Espino (*Acacia cavens*). La madera de esta especie es dura pesada y muy consistente, de hermoso colorido y contraste entre albura y duramen, lo que la hace recomendable en labores de ebanisteria y artesanía. Se le destina también para postes de cerco y mangos de herramientas. Sus flores poseen un excelente aroma lo que la hace útil en fabricación de perfumes y en apicultura. Otro uso sería la extracción de taninos a base de sus frutos y como alternativa alimenticia en meses de escasez de forrage. La explotación más común es en la producción de leña y carbón, en lo que resulta la especie mas adecuada de la formación esclerófila, ya que es la que concentra el mayor porcentaje de su biomasa en las ramas gruesas.

En algunas localidades de México el huizache se considera una planta invasora, por lo que cuando no se emplean se le erradica. En los últimos años se ha detectado una proliferación alarmante de los huizaches siendo el principal propagador los ruminantes, así al talar la vegetación original de un terreno y al establecer los potreros se crean las condiciones favorables para su desarrollo, porque el ganado después de ingerir las vainas de huizache disemina las semillas a través de las heces. Cuando las comunidades de esta especie son muy densas afectan el desarrollo de los pastizales. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que esta especie puede ser usada para controlar la erosión y mejorar la fertilidad del suelo (Niembro, 1936).



H U I Z A C H E

Figura 7.- Poblacion silvestre de huizache.

6.8 LA CALABACILLA LOCA (*Cucurbita foetidissima*)

En México se le conoce con el nombre de "calabacilla loca" y en Estados Unidos como "calabaza bufalo". Es una planta perenne herbácea, que se encuentra en estado silvestre en las zonas áridas y semiáridas del sur de Estados Unidos y en el centro norte de México. Es común encontrarla creciendo en los taludes de las carreteras. Inicia su crecimiento durante los meses más secos y calurosos del año (abril y mayo) y finaliza su desarrollo en octubre (en México). Posee numerosos tallos rastrojeros (guías) de 4 a 6 m de longitud. La mayoría producen ramificaciones secundarias, los cuales también producen frutos. La raíz principal es de considerable tamaño y después de tres años llega a alcanzar pesos que varían de 45 a 72 kg. , por lo que posee gran capacidad de almacenamiento de reservas. El contenido de aceite y proteína de la semilla es similar o cercano al registrado en otras especies oleaginosas como la soya, algodón, girasol y ajonjolí. El aceite de *C. foetidissima* contiene 61% de ácido linoleico, que es un componente importante de los aceites comestibles. A este respecto es únicamente superada por el -cartamo (Chávez, 1985).

Esta planta produce 1.5 toneladas de semillas por hectarea, de la que se pueden obtener aproximadamente 500 litros de aceite comestible. El aceite se compara favorablemente con el aceite de soya, algodón y maíz y superado solamente por el aceite de cartamo. La pasta sobrante de la extracción del aceite tiene el 63.5% de proteína cruda o sea 19% más que la harina de soya. De esta pasta se podrían obtener hasta 600 kg/ha. La cosecha de almidón a partir de las raíces es otro uso importante de esta planta, ya que presenta un contenido alto de almidón. Además el crecimiento radicular es tan rápido que sugiere la posibilidad de sistematizar la producción rápida de alimento rico en almidón con un mínimo de requerimiento de humedad (Castro, 1991).



CALABACILLA LOCA.

Figura 7.- Planta silvestre de calabacilla loca creciendo en el talud de la carretera.

6.9 PASTOS Y ARBUSTOS FORRAJEROS

En México existe una gran cantidad de gramíneas con potencial para adaptarse a la aridez con un adecuado sistema de manejo de pastizales. En México los más comunes son los pastizales halofitos abiertos, el pastizal mediano abierto y el pastizal amacollado abierto. La superficie total que ocupan estos pastizales es superior a los 19 millones de hectáreas. Otra especie forrajera importante son los nopales que ocupan 2.3 millones de hectáreas. Además, existen otras especies de importancia forrajera nativas, como costilla de vaca (*Atriplex canescens*), guayacán (*Porlieria angustifolia*), rosa de castilla (*Cowania plicata*), vara dulce (*Eysenhardtia polystachia*), palo verde (*Cercidium floridum*), jojoba (*Simmondsia chinensis*), guajillo (*Acacia berlandieri*), ramoncillo (*Dolea tuberculata*), saladillo (*Atriplex acanthocarpa*) y muchos más arbustos, que se pueden reproducir aun en las condiciones más críticas (Maldonado, 1982).

Un lugar importante tienen los pastos nativos, como el zacate banderita (*Bouteloua* gracilis*), el zacate salado (*Distichlis spicata*), zacate aparejo (*Muhlenbergia porteri*), y el zacate tobozo (*Hilaria nutica*), que forman una parte importante de la dieta del ganado. En la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", se han realizado colectas de poblaciones silvestres de diferentes especies de pasto, lo cual ha permitido identificar fenotipos sobresalientes de *B. gracilis* y *D. spicata*, que igualan y superan a variedades comerciales que superan en rendimiento y calidad (Castro et al. 1982).

En diversas regiones áridas y semiáridas del mundo, el ramoneo de arbustos constituye un importante recurso para la alimentación del ganado y la fauna silvestre. Debido a esto, en distintos países (EUA, Australia, Iran, Norte de Africa, Israel, Sudafrica, Chile) se han realizado trabajos destinados a lograr la propagación artificial de especies arbustivas.

En Argentina en la región patagónica de la Provincia del Monte existen diversas especies arbustivas, que se consideran valiosas como forrajeras, tanto por su palatabilidad como su valor nutritivo. De las especies nativas ensayadas, las que han demostrado una mejor adaptación a la domesticación son en orden decreciente: *Lycium chilensis*, *Atriplex lampa*, *Ephedra ochreata* y verbena ligustrina. En el caso de las especies del género *Atriplex*, si bien tienen un alto valor forrajero, se debe señalar que su aprovechamiento está condicionado a la disponibilidad de agua dulce, debido a su alto contenido de sales, por lo que en las regiones de aguas salobres del Monte Patagónico, su utilización se limita a los períodos en que hay acumulación de agua de lluvia en los charcos transitorios.

En México las especies arbustivas forrajeras siempreverdes del género *Atriplex* (*A. canescens*, *A. numularia* y *A. halimus*) y *Cocchia* sp. constituyen un forraje verde importante para el ganado en invierno, cuando la mayoría de los zacates se lignifican y se secan por completo (Castro, 1982).



P A S T O S Y A R B U S T O S .

Figura B.- Ensayo de evaluación de colecciones de pastos nativos de zonas áridas.

G. I.O. PALMAS (*Yucca carnerosana* y *Y. filifera*)

Una de las plantas suculentas más representativas de la flora de nuestro país, son los miembros de la familia Agavaceas, entre las cuales destacan las del género *Yucca*. Estas plantas han tenido un lugar preponderante en las culturas indígenas que habitaron las zonas áridas y semiáridas del sur de Estados Unidos y la zona centro de México. Esta planta ha jugado un papel importante en la protección del suelo contra la erosión, además de proporcionar alimento, sombra, tanto al hombre, como al ganado y a la fauna silvestre. Las poblaciones indígenas emplearon las fibras extraídas de las hojas de estas plantas para confeccionar cuerdas, sandalias, ropa, redes y bolsas. En Arizona se han identificado restos de estas fibras con antigüedades de más de dos mil años. En la actualidad, un numeroso grupo de familias campesinas de las regiones áridas y semiáridas de México, viven exclusivamente de la producción de la fibra extraída de las hojas tiernas de *Y. carnerosana*. Esta fibra es llamada en "ixtle de palma", y es empleada para elaborar artículos de jardinería y cordelería (Matuda y Piña, 1980, Maldonado, 1991)

En los lugares en que abundan estas plantas, las paredes de las habitaciones están hechas con troncos de estas plantas y techadas con hojas de las mismas. Los corrales para el ganado asimismo se fabrican con estos materiales que llegan a formar setos vivos impenetrables. Las raíces, se usan como jabón. Las flores y los frutos son comestibles, tanto para el hombre como para el ganado (Matuda y Piña, 1980). Los frutos también se emplean en la alimentación de conejos y aves. *Y. filifera* es una fuente natural de hormonas, donde destaca por su cantidad la sarsapogenina, empleada en laboratorios para la elaboración de anticonceptivos (Maldonado, 1991).

En México esta especie han merecido una especial atención en investigación debido al hecho que las semillas producen sapogeninas, con potencial para la producción de esteroideos, que incluso han despertado el interés en Estados Unidos. Además las semillas son una fuente importante de aceite (12%) y de proteína (20-30%) (Matuda y Piña, 1980).



Y U C A

Figura 3.- Planta adulta de *Yucca filifera*, asociada con diferentes especies de *Opuntia*.

6.11 JOJOBA (*Simmondsia chinensis*)

Son pocas las especies nativas de las zonas áridas que han tenido promoción para llevar a cabo trabajos de investigación orientados a su domesticación. Una de estas especies es la jojoba (*Simmondsia chinensis*). Esta especie es silvestre del Desierto Sonorense y se distribuye en los Estados de Sonora, Baja California en México y Arizona y California en Estados Unidos. Esta planta ha despertado un interés especial por parte de investigadores de México y Estados Unidos debido a su capacidad que presenta para desarrollarse bajo las condiciones extremas de sequía que prevalecen en el desierto de Sonora y por las características tan peculiares de la cera líquida que se produce y acumula en sus semillas.

La planta es un arbusto siempreverde de formas variadas, siendo las mas comunes las formas erecta, esféricas y rastreras. Es dioica, con raíz pivotante.

Esta planta tomo un lugar importante a partir de diciembre de 1970, fecha en la que se empezó la aplicación de prohibir la importación de aceite de ballena a los Estados Unidos. El consumo de aceite de ballena era muy alto, ya que Estados Unidos importaba un promedio anual de 18 mil toneladas de aceite de ballena para satisfacer la demanda en las industrias automotriz, curtiduría, relojería y en la de cosméticos. En este momento se se encontró que el aceite de jojoba era el sustituto ideal, ya que presenta características similares al aceite de ballena. Además el aceite de jojoba tiene una mayor diversidad de usos, ya que la cera de la jojoba se puede emplear como cera abrillantadora para muebles, pisos y automoviles. Así como en la producción de desinfectantes, surfactantes, emulsificantes, resinas, plastificantes. No obstante la diversidad de aplicaciones que tiene la cera de jojoba, esta se ha utilizado exclusivamente en la elaboración de cosméticos, dado su alto precio que sólo la industria de de cosméticos puede sufragar. La superficie cultivada que es de alrededor de 20, 000 ha, es suficiente para satisfacer la demanda actual (Ramonet, 1986).

6.12 CANDELILLA (*Euphorbia antisiphilitica*)

La candelilla es una planta herbácea que produce una cera que presenta una gran diversidad de usos entre los cuales destacan los siguientes: aislante de cables eléctricos y partes de la industria electrónica. Para proteger fillos y puntas de herramientas durante su transporte. Componente de barnices, lacas, tintes, grasas, cintas para máquinas de escribir, estenciles y productos para el pulido y abrillantado de madera, pisos y cerámica. El rendimiento en cera es de un 2 a 2.5% del peso de la planta, aunque con técnicas especiales de extracción es posible duplicar el rendimiento de cera que se obtiene de la planta (Martínez y Maldonado, 1973; Del Campo, 1986).

Esta planta crece en ambientes áridos en zonas agrestes en las laderas de cerros. Además de ser una fuente de cera natural también se le aprovecha como forraje para cabras y conejos, por lo que es común que su explotación se encuentre asociada con actividades de ganadería (Del Campo, 1986).

Los usos y aplicaciones actuales de la cera de candelilla son más variados, que cuando esta se empezó a utilizar como fuente de cera natural. Actualmente esta cera se emplea en una gran diversidad de productos industriales como es la fabricación de cosméticos, la industria alimentaria y el moldeo de precisión en la industria aeronáutica.



C A N D E L I L L A .

Figura 11.- Planta cuita de candelilla.

6.13 GOBERNADORA (*Larrea divaricata* *L. tridentata*)

Esta planta presenta una amplia distribución geográfica en las principales zonas áridas y semiáridas de América, principalmente en Argentina, Chile, Bolivia, Estados Unidos, México. En Argentina se le conoce como "jarrilla", en Estados Unidos como "cresote bush" y por su dominancia y presencia en el desierto mexicano se le conoce como gobernadora. Pertenecce a la familia de las zygophyllaceae y al género *Larrea*, entre las cuales se encuentran cinco especies: *L. cuenifolia*, *L. divaricata*, *L. nitida* y *L. ameghioni*. Buscando aprovechar su abundante presencia, desde hace tiempo se han propuesto para *Larrea* numerosos usos muchos de estos basados en observaciones empíricas del habitante del desierto, quienes han encontrado algunas propiedades curativas, como es el caso para el tratamiento de micosis y cálculos renales (Campos, 1979).

La gobernadora es una de las especies mejor adaptadas a las condiciones de sequía que prevalecen en las zonas áridas. En opinión de algunos autores, esta especie puede representar un recurso de suma importancia en las zonas desérticas. Actualmente se extrae ácido norhidroguaiarético que tiene propiedades como antioxidante de grasas y aceites y como desincrustante de calderas. Sus propiedades alimenticias se equiparan con las de la alfalfa por su alto contenido de proteínas, el cual varía de 11 a 20%. Sin embargo, las propiedades de la gobernadora se ven opacadas por el alto contenido de secreciones resinosas que se aprecian en sus hojas. Esto impide que se use en gran escala con propósitos forrajeros, pues ni el ganado caprino tolera una alimentación con esta especie (Campos, 1979).

6.14 BARRERAS BIOLÓGICAS PARA EL CONTROL DEL AVANCE DEL DESIERTO

En Argetina y Chile se han realizado observaciones interesantes sobre la formación y el avance de médanos activos provocados por la construcción de carreteras. En Argentina se encontró que *Sporobolus rigens*, se desarrolla satisfactoriamente en los médanos. Una vez que se establece en los médanos, gana espacio rápidamente por la actividad de sus potentes rizomas, pudiendo alcanzar longitudes superiores a 15 m. Se observa que esta especie presenta un estado óptimo de crecimiento en sitios con dominancia momoespecífica. A medida que se dan las condiciones para el establecimiento de otras especies y estratos, cede en agresividad y poco a poco es desplazado o detenido en su avance.

En Chile los médanos frecuentemente invaden las carreteras cercanas a Santiago de Chile. Con el fin de controlar este problema se evaluaron diferentes especies vegetales. Las especies utilizadas fueron: una gramínea *Amphiphila arenaria*, que resultó ser un fracaso y *Acacia saligna*, que ha demostrado ser buena sujetadora del suelo. Debido principalmente a que desarrolla nuevas plantas a partir de raíces gruesas superficiales o ramas rastreiras. Junto a las Acacias y aumentando su eficacia se desarrollaron en los arenales, plantas silvestres de los géneros *Nelanas*, *Daca* y *Carpohrotus sequilaterus*. Otra planta nativa que ha mostrado ser muy eficiente es *Muelenbeckia hastulata* (Fusa Sadsuki, comunicación personal).

En México el autor de este artículo ha observado un desarrollo satisfactorio de diferentes especies del género *Opuntia*, en arenales costeros en las Costas del Pacífico Mexicano.

7. CONCLUSIONES

De las trece especies encontradas, el Nopal y el Mezquite son los que presentan mayor potencial para su domesticación, ya que es utilizado tanto en la industria, como alimento, medicinal, etc.; la Yuca, el Huizache, el Agave y el Pitayo son las especies que despues de las primeras, satisfacen algunas necesidades dentro de las zonas áridas y de alguna manera tienen cierto potencial para su domesticación y satisfacer algunas necesidades humanas.

Las seis especies restantes; Garambullo, Calabacilla loca, Candelilla, Jojoba, Gobernadora, Guayule y el grupo de Pastos y Arbustos, satisfacen menor cantidad de necesidades humanas, sin embargo esto no quiere decir que sean poco explotadas, como el caso de la Jojoba que hay toda una industria en base a la explotación de sus productos.

9. LITERATURA CITADA

- Arthey, D.Y. 1975. Quality of Horticultural Crops. Butterworths, Londres.
- Barbera, G., F. Carimi, P. Inglese y M. Sajevea. 1990. The intensive growing of prickly-pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill for fruit production in Sicily. In: G.L.J. López y M.J. Ayala. *El Nopal su Conocimiento y Aprovechamiento*. 3a. Reunión Nacional y 1ra. Internacional. Saltillo, México. pp. 127-0124
- Barrientos, P.F. 1969. El mejoramiento del nopal (*Opuntia* spp.) en México. In: Simposi Internacional sobre aumento de la Producción de Alimentos en Zonas Aridas. Texas Technological College (Ed.). Lubbock, Texas. pp. 81-90.
- Bravo, H.H. 1978. Las Cactáceas de México. UNAM, segunda ed. 735p.
- Campos, L.E. 1979. Larrea. *Desierto y Ciencia*. 1(1): 12-14. CIQA. Saltillo, México.
- Cantwell, M. 1991. Quality and postharvest physiology of "nopalitas" and "tunas". In P. E. Felker (Ed.): *Proceedings 2nd Annual Texas Prickly Pear Council*. Mc Allen. pp. 50-66.
- Castro, G., G. Olivares O., S. Ruelas G., A. López B., R. Espinoza Z., R. Castro A. 1991. Caracterización y Usos de los Recursos Naturales de las Zonas Aridas. In: J. Molina-Galan (ed.). *Recursos Agrícolas de Zonas Aridas y Semiáridas de Mexico*. Editorial Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico. pp. 119-132.
- Chávez, A. L. J. 1985. La calabacilla Joca (*Cucurbita foetidissima*), un recurso con potencial en las zonas áridas. In: *Management and Utilization of Arid Plants. Symposium proceedings*. Forest Service, USDA. General Technical Report. pp. 105-108.
- Del Campo P. 1985. Utilización y Comercialización de la Cera de Candelilla. In: *Management and Utilization of Arid Plants. Symposium proceedings*. Forest Service, USDA. General Technical Report. pp. 69-72.

- Delgado, A. A. 1985. Caracterización de la variación de algunos componentes químicos del fruto (tuna) del nopal (*Opuntia* spp.) tunero en el altiplano potosino-zacatecano. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana.
- Felker, P. 1992. Capturing and managing the genetic variation in *Prosopis* for use in fuelwood, luxury quality lumber, pods and soil improvement. In: *Tropical trees: the potential for terrestrial ecology*. Edinburg, Scotland.
- Fischer, R.A., N. C. Turner. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29: 277-317.
- Flores, V.C.A. y R. Bauer. 1977. Chapingo Nueva Epoca. 7-8; 77-83.
- Fernández, M.L., A. Trejo, D. J. McNamara. 1990. Pectin isolated from prickly pear (*Opuntia* sp.) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol fed guinea pigs. *J. Nutr.* 120: 1283-1290.
- Frati-Munari, A., J.L. Quiroz, B. P. Altamirano, H.M. Bañales, A.C.R. Arizaca. 1983. Disminución de la glucosa e insulina sanguíneas por nopal (*Opuntia* sp.). *Arch. Inv. Med. (Mex.)*. 117-125.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. 2a. ed.
- García, A. E. 1991. Causas, delimitaciones y caracterización de las zonas áridas de México. In: J. Molina-Galan (ed.), *Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México*. Editorial Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 39-63.
- Gentry, H.S. 1982. *Agaves of Continental North America*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Naqvi, H.H. 1936. Management and improvement of guayule germplasm. In: *Management and Utilization of Arid Plants*. Symposium proceedings. Forest Service, USDA, General Technical Report. pp. 3-12.

- Heusood, A.D. 1990. Human health discoveries with Opuntia sp. HortScience, 26(12): 1515-1516.
- Lawrence, H.M.G. 1951. Taxonomy of Vascular Plants. Mcmillan Publishing Co., Inc. New York.
- Lomeli, M.E. and E. Esmienta. 1993. Demografía reproductiva del pitayo (Stenocereus queretaroensis (Web.) Buxbaum). Revista de la Sociedad Mexicana de Cactología, 38: 13-20.
- Lopez, B.A. 1986. Potencial del guáyule bajo cultivo en zonas áridas del Norte de México. In: Management and Utilization of Arid Plants. Symposium proceedings. Forest Service, USDA. General Technical Report, pp. 1-2.
- Maldonado, L. J. 1991. Caracterización y Usos de los Recursos Naturales de las Zonas Áridas. In: J. Molina-Galan (ed.). Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México. Editorial Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 91-98.
- Martinez, M. M., L. J. Maldonado. 1973. Importancia de las zonas áridas en el desarrollo general del país. Productora Nacional de Semillas. SARH. 31 p.
- Matuda, E. y I. Piña L. 1980. Las plantas mexicanas del género Yucca. Colección Miscelanea del Estado de México. 145p.
- Molina, G. J. 1991. Recursos Agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados p. 159.
- Morales, B.L. 1990. Uso y experiencias de la utilización del nopal (Opuntia spp. y Opuntia ficus-indica) dentro del campo de la medicina. In: G.I.J. López y M.J. Ayala (Eds.) El Nopal su conocimiento y Aprovechamiento. 3ra. Reunión y Ira. Internacional Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, México. pp. 352-354.
- Mosífo, A. P. 1991. Climatología de las zonas áridas y semiáridas de México.: J. Molina-Galan (ed.). Recursos Agrícolas de Zonas Áridas y Semiáridas de México. Editorial Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 9-38.

- Nobel, S.P. y T.L. Hartsock. 1984. Physiological responses of Opuntia ficus-indica to growth temperature. *Physiol. Plant.*, 60:98-105.
- Nobel, S. P. 1938. *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press.
- Nobel, S.P. 1989. Productivity of dessert succulents. *Excelsa* 14: 21-28.
- Pimienta, B. E. 1993a. El nopal (Opuntia spp.): Una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. *Ciencia* 44, 345-356-
- Pimienta, B.E. y M. L. Tomas. 1993. Caracterización de la variación en el peso y la composición química del fruto en variedades de pitayo (Stenocereus queretaroensis (Weber) Buxbaum). *Revista de la Sociedad Mexicana de Cactología* 38: 82-88
- Pimienta, B. E. (en prensa). Prickly pear (Opuntia spp.): a valuable fruit crop for the semiarid zones of Mexico. *J. Arid Environments*.
- Pimienta, B.E. (en prensa). Pitaya (Stenocereus spp.): an ancient and modern fruit crop of Mexico. *Economic Botany*.
- Pifia, L.I. 1977. Pitayas y otras cactáceas afines del Estado de Oaxaca. *Revista de la Sociedad Mexicana de Cactología*, 22: 3-14.
- Ramonet, R. R. 1986. El cultivo de la jojoba en el noroeste de México. In: *Management and Utilization of Arid Plants. Symposium proceedings. Forest Service, USDA. General Technical Report*. pp. 24-28.
- Roundy, A. B., G. B. Ruyle and J. Ard. 1986. Estimating production and utilization of jojoba. In: *Management and Utilization of Arid Plants. Symposium proceedings. Forest Service, USDA. General Technical Report*. pp. 17-23.
- Rzedowski, J. 1987. *Atlas Cultural de México*. Edit. UNAM. México. D. F.

Saenz, H. 1985. La tuna (Opuntia ficus-indica) un cultivo con perspectivas. *Alimentos* 10(3): 47-49.

Sánchez-Mejorada, R.H. 1982. Algunos usos prehispanicos de las cactáceas entre los indígenas de México. *Gobierno del Estado de México*.

Sánchez-Mejorada, R.H. 1984. Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. In: *Memoria del Simposium Sobre el Aprovechamiento del pitayo*. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. Oaxaca, Oaxaca. pp. 6-18.

Tello, B. J. de J. 1983. Utilización del maguey (Agave spp.) en el Altiplano Potosino-Zacatecano. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.