



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**APROVECHAMIENTO, MANEJO Y VALORACIÓN
DE PLANTAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN
ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)

P R E S E N T A :

FEDERICO GÓMEZ LORENCE

MÉXICO, D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**APROVECHAMIENTO, MANEJO Y VALORACIÓN
DE PLANTAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN
ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)

P R E S E N T A :

FEDERICO GÓMEZ LORENCE

DIRECTORA DE TESIS: DRA. TERESA DE JESÚS REYNA TRUJILLO

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres:
Federico Gómez Bermúdez y Marina Lorence Lira, que con su ejemplo
me educaron para una vida con
valores y principios.

A la memoria de mi pequeña Ana Luisa.

A mis hermanos; José Francisco[†], Luis Fernando, Fermín, Fausto, Marina
Guadalupe y Martha Teresita,
con el amor fraternal de siempre.

A mi esposa Sra. Hermila Ortíz Anaya por su amor, comprensión y
paciencia. A Adán, Juan y Erika,
por su amistad.

A mi querido hijo, M. en C. Carlos Alberto Gómez de la Garza y familia,
muchas gracias por su valiosa
e inapreciable ayuda en la transcripción de esta tesis.

A todos mis sobrinos, familiares y amigos con cariño y afecto.

A la generación de Biólogos 1962 - 1965, egresados de la Facultad de
Ciencias UNAM, que cada
cinco años se reúne, para refrendar sus lazos de amistad.

AGRADECIMIENTOS

A mi *alma mater*, la Universidad Nacional Autónoma de México, que desde 1956 me diera la oportunidad de recibir educación y formación universitaria, invaluable para mi desempeño profesional.

A la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, en Bermejillo, Dgo., por darme la oportunidad de realizar y culminar mis estudios de Posgrado.

A la Dra, Teresa de Jesús Reyna Trujillo por su valiosa participación como Directora de Tesis, Su apoyo incondicional, entusiasmo, orientación, sugerencias y comentarios fueron de gran valor para la terminación de la misma.

A los sinodales, miembros del jurado examinador; Dra. María Guadalupe Antonia Palomino Hasbach, Dra. Norma Eugenia García Calderón, Dr. Fernando Chiang Cabrera, Dra. Marta Concepción Cervantes Ramírez, Dra. Teresa de Jesus Reyna Trujillo, Dr. Hermilo Quero Rico y Dr. David Flores Román, por sus atinadas correcciones y sugerencias realizadas al manuscrito, que contribuyeron a mejorar la versión final de la Tesis.

Un cordial agradecimiento a los campesinos, agricultores, ganaderos, industriales, ingenieros, obreros, artesanos, etc., que me brindaron su tiempo, conocimientos, experiencias y acceso a parcelas, plantaciones, corrales, talleres, industrias, laboratorios, y productos obtenidos de las plantas de importancia económica, en las regiones motivo de éste estudio.

A LA MEMORIA DE MIS MAESTROS

Dra. Débora Ramírez Cantú, quien con su maravilloso laboratorio, despertó mi vocación por la Biología y en especial por la Botánica, en la Escuela Nacional Preparatoria 2 de la UNAM.

Dr. Manuel Ruiz Oronoz, por su entusiasmo característico en la enseñanza de la Botánica.

Dr. Javier Valdéz Gutiérrez, por sus motivadoras clases de Organografía Vegetal.

Dr. Enrique Beltrán Castillo, por sus inolvidables conferencias sobre los Recursos Naturales de México y su Conservación.

Dr. Efraím Hernández Xolocotzi, por hacernos valorar la “ciencia del huarache”, la Etnobotánica y la Botánica Económica.

Índice general

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCIÓN	3
1. GENERALIDADES	6
1.1 Causas de la aridez en la República Mexicana	6
1.2 Climas	6
1.3 Suelos	8
1.4 Vegetación	9
1.4.1 Mezquitales y huizachales	9
1.4.2 Matorrales	9
1.4.3 Pastizales	10
1.5 Fauna	10
1.6 El hombre en las zonas áridas y semiáridas de México	11
2. MÉTODOS	12
3. RESULTADOS	15
3.1 Plantas de importancia económica en zonas áridas.	15
3.1.1 Candelilla, <i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zuccarini (Euphorbiaceae)	15
3.1.2 Lechuguilla, <i>Agave lechuguilla</i> Torrey (Agavaceae)	40
3.1.3 Maguey pulquero, <i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm. (Agavaceae)	49
3.1.4 Maguey tequilero, <i>Agave tequilana</i> Weber var. Azul (Agavaceae)	63
3.1.5 Maguey mezcalero, <i>Agave angustifolia</i> Haworth (Agavaceae)	81
3.1.6 Maguey bacanora, <i>Agave angustifolia</i> Haworth (Agavaceae)	88
3.1.7 Sotol, <i>Dasylirion cedrosanum</i> Trelease (Ruscaceae)	91
3.1.8 Nopal de Castilla, <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller (Cactaceae)	102
3.1.9 Nopal duraznillo, <i>Opuntia leucotricha</i> de Candolle (Cactaceae)	119
3.1.10 Nopal cardón, <i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire (Cactaceae)	127
3.1.11 Nopal de tuna blanca, <i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dyck (Cactaceae)	145

3.1.12	Pitayo, <i>Stenocereus griseus</i> (Haworth) Buxbaum (Cactaceae)	155
3.1.13	Mezquite, <i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) Johnston (Leguminosae)	159
3.2	Valoración Ecológica, Etnobotánica, Tecnológica, Económica y Social	174
3.2.1	Valoración ecológica	174
3.2.2	Valoración etnobotánica	175
3.2.3	Valoración tecnológica	176
3.2.4	Valoración económica	177
3.2.5	Valoración social	178
3.3	Aspectos complementarios para el aprovechamiento y manejo de plantas en zonas áridas	179
3.3.1	Estudios de impacto ambiental y planes de manejo	179
3.3.2	Transferencia de Tecnología	180
3.3.3	Desarrollo de nuevos productos y mercados	181
	DISCUSIÓN	182
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	187
	LITERATURA CITADA	189

Índice de figuras

2.1	Área de estudio.	13
3.1	Candelilla, (<i>Euphorbia antisiphylitica</i>), “La Saucedá”, Ramos Arizpe, Coah.	18
3.2	Raíz napiforme de candelilla, Campo Experimental “La Saucedá”, Coah.	19
3.3	Cápsulas tricarpelares de candelilla.	20
3.4	Aspecto típico de un campamento candelillero, cerca del Ejido Cosme, Ramos Arizpe, Coah.	21
3.5	Cargando una paila.	22
3.6	Campesino agregando ácido sulfúrico para curar el agua.	23
3.7	La espuma cerosa, es extraída con el “espumador”.	24
3.8	El contenido del recipiente se vierte al cortador.	25
3.9	Producción y valor económico de cera de candelilla (1998-2007).	26
3.10	Descargando los residuos de la paila después de la extracción.	29
3.11	Durante la re nación, se agrega nuevamente ácido sulfúrico.	30
3.12	La cera caliente se deja reposar varias horas para que las impurezas se depositen en el fondo.	31
3.13	Cera de candelilla cuajada.	32
3.14	La cera de candelilla es partida con ayuda de mazos de madera.	33
3.15	Exposición de productos elaborados con cera de candelilla. Saltillo, Coah. 1982.	34
3.16	Burro comiendo residuos secos de candelilla.	35
3.17	El método de propagación por tallos fue el más efectivo para establecer plantaciones de candelilla, “La Saucedá”, Coah.	36
3.18	Plantación de candelilla, Área Experimental “La Ventana”, Coah.	37
3.19	Diagrama de ujo en la re nación y producción actual de cera de candelilla.	38
3.20	Moderna presentación comercial de la cera de candelilla.	39
3.21	Matorral desértico rosetó lo de lechuguilla. Cuencamé, Dgo.	41
3.22	Espiga de lechuguilla mostrando la disposición característica de los frutos en desarrollo.	42
3.23	Tallado manual de la lechuguilla para obtener el ixtle. La Saucedá, Coah.	43
3.24	Fardos de lechuguilla conservados en un almacén fresco.	44
3.25	Fibra de lechuguilla pasando por la máquina clasi cadora.	45
3.26	Clasi cación de bra Tampico para exportación.	46

3.27	Producción y valor económico de bra de lechuguilla (1998-2007).	49
3.28	Plantación de maguey en una región semiárida de Hidalgo.	50
3.29	Escapo oral o “quiote” del maguey.	51
3.30	Cápsulas tricarpelares del maguey.	52
3.31	Semillas de maguey.	53
3.32	Tlachiquero con instrumentos típicos para la explotación del maguey.	57
3.33	Aguamiel depositado en una castaña de madera.	58
3.34	Presentación agroindustrial del pulque.	59
3.35	Aguamiel transformado en un sabroso pulque.	61
3.36	Plantación adulta de maguey tequilero (<i>Agave tequilana</i> Weber var. Azul).	65
3.37	Plantación adulta de <i>Agave tequilana</i> var. Azul lista para la “jima” (cosecha).	68
3.38	Piñas de maguey tequilero, mostrando los tres estadios siológicos típicos.	69
3.39	Inventario de existencias de <i>Agave tequilana</i> var. Azul (2010).	72
3.40	Patios de recepción de la industria tequilera.	73
3.41	Operarios acomodando trozos de agave en un autoclave.	74
3.42	Descarga de las “piñas” de agave, cocidas en autoclave.	75
3.43	El mezcal (agave cocido) se pasa a través de un “trapiche”.	76
3.44	Al pasar por el “trapiche”, el mezcal es desgarrado y molido.	77
3.45	Jugos azucarados del agave, fermentados durante 3 o 4 días en las tinas de fermentación.	78
3.46	Alambiques “destrozadores”	79
3.47	Plantación de <i>Agave tequilana</i> Weber var. Azul en un sitio con suelo muy pedregoso.	81
3.48	Extracción de plantas de un vivero de maguey mezcalero.	82
3.49	Plantación de maguey mezcalero; corte de hojas basales. Tlacolula, Oax.	83
3.50	Tatemado de las cabezas o “piñas” de mezcal en “hornos” rústicos.	84
3.51	Molienda de las cabezas cocidas en el “palenque”, para extraer el jugo o mosto azucarado.	85
3.52	Fermentación del mosto de mezcal en barricas de encino.	86
3.53	Destilación del mosto fermentado en alambique de cobre.	86
3.54	Envasado y etiquetado del mezcal para consumo nacional.	87
3.55	El clásico “mezcal de olla” elaborado con <i>Agave angustifolia</i>	87
3.56	El “sotol” <i>Dasyilirion palmeri</i> es una <i>Ruscaceae</i>	92
3.57	Plantas de “sotol” <i>Dasyilirion palmeri</i> y <i>Dasyilirion cedrosanum</i> típicas de localidades en los pies de montes.	93
3.58	Sotol asociado con diversas plantas. La Saucedá; Ramos Arizpe, Coah.	94
3.59	Para la elaboración del sotol se utilizan las “cabezas” o “piñas”.	96
3.60	Actualmente existen varias vinatas e industrias que envasan el sotol.	97
3.61	El sotol es una bebida típica muy popular en el Norte de México.	98

3.62	Vistasas ofrendas confeccionadas con las bases de las hojas del sotol.	100
3.63	<i>Dasyilirion acrotriche</i> especie particularmente bella.	101
3.64	Plantación de nopal de Castilla para producción de tunas.	104
3.65	Flor de nopal forrajero.	105
3.66	Plantación de nopal forrajero <i>Opuntia ficus-indica</i>	106
3.67	Pencas apiladas en forma particular para nuevas plantaciones.	111
3.68	Plantación joven de nopal para la producción de “nopalitos”.	112
3.69	El agregado de estiércol y pedacería de pencas.	112
3.70	Operación de poda, llamada comúnmente “despencado”.	113
3.71	Plantación de nopal de Castilla para producción de verdura.	114
3.72	Cosechando “nopalitos” de una variedad hortícola para verdura.	115
3.73	Nopalitos cosechados para su transporte y venta como verdura.	116
3.74	Nopalitos elaborados en diversos tipos de conserva.	117
3.75	Cochinilla o “grana corriente” que ataca a diversas especies de nopal.	118
3.76	Planta arbustiva de “nopal duraznillo”.	120
3.77	Detalle de la flor y frutos jóvenes de <i>Opuntia leucotricha</i>	120
3.78	Ganado criollo comiendo pencas de “nopal duraznillo”.	121
3.79	Chamuscado de pencas de nopal para el ganado.	122
3.80	Algunas personas ejercen comercio con el nopal “chamuscado”.	123
3.81	Adaptación de un molino de martillos para moler plantas y pencas de nopal.	124
3.82	Detalle de un molino de martillos que fue adaptado para moler nopal.	125
3.83	La pasta de “nopal” se suministra a un pequeño hato de vacas Holstein.	126
3.84	Nopalera de <i>Opuntia streptacantha</i> “nopal cardón” arborescente.	128
3.85	Flor del nopal cardón con numerosos estambres al centro.	129
3.86	Flores senescentes y frutos en desarrollo.	130
3.87	Estimando la producción de tuna cardona.	133
3.88	Puesto comercial donde venden diversos productos regionales como queso de tuna y melcocha.	140
3.89	Queso de tuna y melcocha vendidos a granel.	141
3.90	Semilla extraída de la tuna cardona; alimento de cerdos y burros.	142
3.91	Planta arbustiva de nopal de “tuna blanca” <i>Opuntia amyclaea</i>	147
3.92	Flor de “nopal tunero”, color amarillo claro y abundante secreción de néctar.	148
3.93	Campesinos realizando una plantación de nopal tunero, Cuencamé, Dgo.	149
3.94	Plantación de nopal de “tuna blanca” en plena producción.	150
3.95	El nopal tunero produce frutos abundantes, de buen tamaño.	151
3.96	Fachada de una casa en Sicilia (Italia) alusiva al cultivo del nopal.	154
3.97	Cosechando pitayas silvestres de <i>Stenocereus queretaroensis</i>	156
3.98	Pitayas silvestres de <i>S. queretaroensis</i> cosechadas a mediados de mayo.	157
3.99	Pitayo <i>Stenocereus griseus</i> con abundante producción de pitayas.	158

3.100	Degustando una “pitaya de mayo” en el Huerto de Don Alicio Gil.	159
3.101	Mezquites arbóreos (<i>Prosopis laevigata</i>) en un mezquital típico de una región semiárida.	160
3.102	In crecencias en espigas de <i>Prosopis glandulosa</i> var. <i>torreyana</i>	161
3.103	Vainas de mezquite (<i>P. glandulosa</i>), la forma, color y tamaño de estos frutos es diversa.	162
3.104	Fabricación de briquetas de carbón de mezquite.	163
3.105	Pequeña industria donde se fabrican briquetas de carbón de mezquite.	164
3.106	Las briquetas elaboradas con carbón de mezquite constituyen un producto de exportación.	165
3.107	Barco camaronero en cuya fabricación se usa madera de mezquite.	166
3.108	Aserrado de madera de mezquite para la fabricación de parquet para pisos. . .	167
3.109	Muebles de madera de mezquite, como comedores, salas, etc.	169
3.110	Ganado caprino alimentado con alfalfa achicalada y vaina de mezquite molida. .	170
3.111	Obleas rellenas de cajeta elaborada con leche de cabra.	171
3.112	El Dr. Peter Felker muestra plántulas de mezquite en vivero.	172
3.113	Vivero de mezquite (<i>Prosopis laevigata</i>) apoyado por la CONAFOR.	174
3.114	Comisario del Ejido “El Renegado” recibiendo alfabetización.	180
3.115	Ingenieros recibiendo curso de capacitación para la propagación de plantas. . .	181

Índice de cuadros

2.1	Estados incluidos en el área de estudio y algunas localidades representativas* . . .	14
3.1	Propiedades físico-químicas de la cera de candelilla, según el BANRURAL, S.A. 1981.	27
3.2	Producción y valor económico de cera de candelilla en México, 1998-2007.	27
3.3	Exportación de cera de candelilla. 1977 a 1978.	28
3.4	Exportaciones mundiales de cera de candelilla, reportadas por la Autoridad Administrativa CITES de México (DGUS) y el UNEP-WCMC; 2003-2008.	28
3.5	Productividad y costo de cosecha en ecosistemas puros de <i>Agave lechuguilla</i> , Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.	43
3.6	Densidad de <i>Agave lechuguilla</i> en diversos sitios.	44
3.7	Componentes y residuos de <i>Agave lechuguilla</i>	47
3.8	Producción y valor económico de fibra de lechuguilla en México, 1998-2007.	48
3.9	Análisis químico de pulque producido en la región de los Llanos de Apan, Hidalgo.	60
3.10	Datos estadísticos del maguey productor de aguamiel en los principales estados productores (1975).	62
3.11	Cultivo de maguey pulquero <i>Agave salmiana</i> . Principales indicadores para el estado de Hidalgo, 2007-2009.	62
3.12	Parámetros para análisis de Tequila (ajustados por las normas de calidad).	77
3.13	Estados y Municipios productores de <i>Agave tequilana</i> Weber var. Azul y/o Tequila	80
3.14	Distritos políticos, superficie de cultivo y sistemas productivos de agave mezcalero (<i>Agave angustifolia</i>), Región del mezcal, Oaxaca, México, 2001 - 2005.	82
3.15	Análisis químico en varios órganos de diversas especies de sotol. Porcentajes.	99
3.16	Análisis químico del bulbo del sotol efectuado en la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila, México.*	99
3.17	Algunas propiedades físicas y químicas de pencas de nopales de varias especies.	106
3.18	Superficies, rendimientos medios y producción de tuna por estado en las principales zonas productoras de México, 2006.	108
3.19	Principales estados productores de nopal verdura y superficies cultivadas en México, 2010.	110
3.20	Ejemplo de una ración típica suministrada al ganado lechero en Saltillo, Coah.	122
3.21	Análisis bromatológico de <i>O. leucotricha</i> (% en Base a Materia Seca).	123

3.22	Relación entre consumo de nopal y de agua en vacas Jersey (Woodward y col. 1915).	124
3.23	Productividad y costos de producción de <i>Opuntia</i> y de maíz de ensilaje bajo condiciones de riesgo y temporal en Chapingo, México. (Flores, 1977).	135
3.24	Productividad media por planta de <i>Opuntia streptacantha</i> en Peñon Blanco; Salinas, San Luis Potos', 1976 (López, 1977).	136
3.25	Resultados del Análisis bromatológico de cladodios, expresados en materia seca, de muestras provenientes de las Arcinas, Zac. Durante la temporada de 1976 (López, 1977).	137
3.26	Análisis bromatológico de la tuna y algunos de sus componentes y derivados (Lozano, 1958).	139
3.27	Cosecha de tuna cardona (<i>O. streptacantha</i>) y su equivalente en productos derivados. Cálculos realizados en el Ejido Peñón Blanco. Salinas, San Luis Potos' en 1976 (López, 1977).	139
3.28	Superficie cubierta por mezquites en varios estados de la República Mexicana.	168
3.29	Análisis químico proximal de vainas y ramas de mezquite <i>Prosopis</i> spp. de Argentina.	168

RESUMEN

Las zonas áridas y semiáridas se extienden por más del cincuenta por ciento del territorio de México; se caracterizan por la irregularidad de la precipitación y temperaturas extremas. El problema principal es la escasez de agua; sin embargo, sostienen una diversidad vegetal con alrededor de seis mil especies que permiten a los habitantes de esas zonas contar con una gran variedad de plantas adaptadas por miles de años a las drásticas condiciones impuestas por la aridez. Mediante diversas técnicas y métodos de aprovechamiento y manejo, los campesinos de esas regiones han aprendido a obtener diversos productos que se pueden comercializar como materias primas en mercados regionales, nacionales o de exportación. Algunas de ellas se industrializan, lo cual les da un valor agregado; sin embargo la mayoría de las ganancias generadas benefician principalmente a los industriales, y poco a quienes realizan el trabajo pesado en el campo. El presente trabajo se realizó para describir las técnicas de aprovechamiento, manejo e industrialización de plantas de importancia económica como candelilla, lechuguilla, magueyes pulquero, tequilero, mezcalero, sotol, varias especies de nopales y bacanora en algunas regiones que fueron consideradas como las más representativas de las zonas áridas de México. Se realizó una amplia consulta de literatura, trabajos de campo en gran parte del país para recabar información directa de campesinos, agricultores, ganaderos, industriales y otros beneficiarios de estas plantas. Se logró documentar ampliamente el trabajo de campo y complementarlo en laboratorios, plantas piloto, industrias pequeñas, medianas y grandes para conocer y describir el procesamiento industrial. El estudio hecho a largo de más de veinte años permitió conocer la evolución de la tecnología aplicada en los procesos industriales. Casi todos han tenido un desarrollo significativo y, en algunos casos, las industrias han obtenido certificación de calidad. Del mismo modo, se concluye que con excepción de cera de candelilla e ixtle de lechuguilla que han tenido grandes variaciones en su producción de 1998 a 2007, pero con tendencia a recuperarse en años recientes, se ha mantenido o incrementado la demanda por la mayoría de las materias primas y productos elaborados en las regiones áridas y semiáridas de México. En particular, de bebidas fermentadas y destiladas de agaváceas, nopales, tunas y pitayos, productos forestales maderables y no maderables del mezquite. Que es necesario integrar la valoración ecológica, etnobotánica, tecnológica y social, así como una mayor transferencia de tecnología y el impulso a nuevas cadenas productivas para obtener mejores rendimientos económicos y una distribución más equitativa de los ingresos para todos aquellos que participan en el aprovechamiento, manejo e industrialización de materias primas y productos obtenidos de las plantas de importancia económica en México. Así se logrará un manejo sustentable de los recursos naturales, particularmente de las plantas estudiadas, revertir y detener la desertificación, mitigar los efectos del calentamiento global, además de contribuir a la generación de empleos, disminuyendo la emigración del campo hacia las ciudades.

SUMMARY

Arid and semiarid areas are spread across more than fifty percent of the Mexican territory and are characterized by erratic rainfall and extreme temperatures. Even though their main problem is the shortage of water, they maintain a plant diversity with more than 6000 species. This diversity allows their residents to count on a variety of plants adapted for thousands of years to the drastic conditions imposed by this aridity. Using diverse techniques and methods of exploitation and management of natural resources, farmers in these regions have learned to get different products, that in turn can be commercialized as raw materials in regional, national or export markets. Some of them are industrialized, therefore having an added value; but most of the profits benefit mainly the industry and does little for those doing the heavy work in the field. The purpose of this study was to describe the techniques of exploitation, management and industrialization of plants of economic importance as candelilla, lechuguilla, agaves, cactus pears, and mesquite in some regions that were considered most representative of the arid zones of Mexico. We conducted a broad consultation of literature as well as field work through much of the country. The latter was done in order to gather information directly from farmers, industrial farmers and other beneficiaries of these resources. Also an extensive documentation was achieved for selected plants. Our field work was complemented by visits to laboratories, experimental or first stage industrial facilities, small, medium and large industries with the sole objective of understanding and describing the industrial process. The study conducted over twenty years yielded information on the evolution of the technology used in industrial processes. Almost every researched instance has had a significant exploitation and in some cases, industries have obtained QA certification. It was concluded that the demand has been maintained or increased for most commodities and processed products in arid and semiarid regions of Mexico, with the exception of the candelilla wax and ixtle of lechuguilla which have had significant production fluctuations from 1998 to 2007. In particular, some of these products are: agave-based fermented and distilled beverages, non-wood as cactus pears and pitayos and mesquite wood products. There is a need to integrate environmental assessment, ethnobotany, technological know-how and social sciences. Also there is the need of increasing the technology transfer and the promotion of new production chains for improving economic returns and achieve a more equitable distribution of income for all those involved in the exploitation, management, and industrialization of raw materials and products from plants of economic importance in Mexico. All these will ensure a sustainable management of natural resources, particularly of the plants studied, reverse and stop desertification, and contribute to job creation, reducing migration from rural to urban environments.

INTRODUCCIÓN

Más del cincuenta por ciento del territorio de México es árido y semiárido, a consecuencia de sus climas caracterizados por una escasa precipitación, distribución de lluvias irregular y temperaturas extremosas. Bajo esas condiciones, la agricultura de secano o temporal es muy riesgosa y los cultivos se pierden por las sequías recurrentes y las heladas tempranas o tardías en la mayoría de los años. Por otra parte, la ganadería se ve afectada por la poca productividad de los pastizales y la falta de agua para el ganado.

A esta situación tan problemática, se suman las malas decisiones políticas tomadas desde hace varias décadas, que impulsaron el desmonte desmedido de extensas regiones áridas y semiáridas de una gran parte del país, en donde prácticamente se arrasó con la vegetación natural a fin de incorporar las tierras a la producción agrícola y pecuaria con resultados funestos. Años después, muchos campesinos se han visto obligados a emigrar, pues los recursos vegetales que les proporcionaban algún sustento o ingresos económicos estacionales habían desaparecido, no obtenían cosechas y su escaso ganado moría por falta de pastos, esquilmos de los cultivos y agua (Reyna y Rebollo, 1985). Después de muchos años de realizar desmontes intensivos por medio del llamado Programa Nacional de Desmontes, de extraer leña sin medida y de malas prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, los suelos se han erosionado, perdiendo el delgado mantillo de materia orgánica que los cubría y, por tanto, su fertilidad. Actualmente, gran parte de las tierras de zonas áridas y semiáridas están en un proceso acelerado de desertificación. De acuerdo con De la Cruz (2009), este deterioro acelerado de los recursos naturales suelo, agua y vegetación, está conduciendo a lo que llama ecocidio mexicano, fenómeno que describe, documenta e ilustra extensamente para los estados del centro y norte del país como San Luis Potosí, Zacatecas, Coahuila, Durango, Tamaulipas y Sonora.

Así, a los problemas derivados del clima como la escasez de agua para la agricultura y ganadería, se suman la desertificación e inclusive el cambio climático; esta situación requiere acciones urgentes pues aunque se han realizado y existen programas del gobierno federal y proyectos nacionales e internacionales que pretenden acabar con la pobreza extrema y detener la desertificación, la realidad es que se ven limitados por diversas causas como burocracia, mal manejo de los presupuestos y recursos económicos y humanos, persistiendo la destrucción acelerada de los ecosistemas áridos. Aunque se han realizado numerosos estudios, investigaciones y proyectos por parte de instituciones educativas y de investigación, ha sido escaso el impacto de estos, debido principalmente a la falta de transferencia de la tecnología generada. Con frecuencia, los campesinos y ganaderos hablan de el proyecto establecido en su comunidad por tal o cual dependencia gubernamental o institución educativa, pero el esquema de organización no los ha incluido en la forma adecuada para obtener el beneficio esperado. Por tal motivo, el presente estudio busca realizar una actualización e integración de los conocimientos empíricos tradicionales, científicos, tecnológicos, económicos y sociales respecto al aprovechamiento de plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México a fin de darles una valoración justa, con el propósito de proponer estrategias para la transferencia de cono-

cimientos, habilidades y tecnologías a los campesinos y ganaderos, para procurar detener la desertificación y lograr un desarrollo rural integral sustentable y armónico.

El área de estudio comprende diversos lugares en las principales regiones semiáridas y áridas del país, que abarcan alrededor de la mitad del territorio nacional. En ella existe una diversidad biológica notable, con poco más de seis mil especies de plantas, aproximadamente 350 de ellas endémicas, con endemismo amplio o estricto. En términos generales cuentan con una herencia adaptativa al medio ambiente árido de miles de años; la mayoría sobreviven por su adaptación a las drásticas condiciones del medio (Felger, 1979, Nabhan y Felger, 1985, Cervantes, 2002).

Hay cientos de especies de esas plantas que han sido, son o pueden ser utilizadas por el hombre en esas regiones. Algunas sin embargo, han adquirido mayor importancia económica y social en los últimos cien a ciento cincuenta años y se han convertido en parte del sustento, sobrevivencia o trabajo de los campesinos. Sin embargo, las mismas actividades antropocéntricas están ocasionando la disminución de la productividad de los ecosistemas áridos y semiáridos, llevando a algunas especies al grado de estar amenazadas o quizás en peligro de extinción.

En el presente estudio se describen los métodos y técnicas de aprovechamiento de las plantas nativas de mayor importancia en esas regiones, su manejo o cultivo, pero también se les da una valoración ecológica, tecnológica, económica y social para promover su utilización sustentable y racional. Se procuró reunir y analizar los conocimientos científicos, tecnológicos y empíricos para el aprovechamiento y manejo de dichas plantas, desde principios del siglo XX y en algunos casos hasta el 2010 para proceder a la valoración. Como son demasiadas las especies utilizadas de una forma u otra, seleccionamos aquellas que tienen una distribución más amplia, por los productos que rinden, su importancia económica, y los beneficios que representan para la vida de los campesinos. Desde este punto de vista, coincidimos en parte con el trabajo realizado por Cervantes (2002), en el que trata de mezquites, agaves, palmas o izotes, palmilla, candelilla y jojoba.

Mediante el presente estudio se espera contribuir también a la restauración de las comunidades bióticas y los ecosistemas áridos, para detener el avance de la desertificación y aminorar los efectos del cambio climático. Pero además se planea tomarlo como base para realizar una amplia transferencia de los conocimientos y la tecnología de aprovechamiento, manejo e industrialización de estas plantas. Para ello se cuenta con una Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) dependiente de la Universidad Autónoma Chapingo y un Centro de Intercambio de Experiencias y Saberes en Zonas Áridas, que forma parte de la misma en Bermejillo, Dgo. Pero el propósito más importante es lograr un mayor beneficio económico y bienestar social para los campesinos, ganaderos y demás productores que sostienen día con día una lucha para sobrevivir bajo las difíciles condiciones que impone el medio ambiente árido.

OBJETIVO GENERAL

Conocer el estado actual del aprovechamiento, manejo, transformación y utilización de plantas nativas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México,

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las técnicas para el aprovechamiento y manejo de plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México.
- Determinar el estado actual de la tecnología, para la producción de materias primas y productos elaborados a partir de esas plantas.
- Comparar la tecnología tradicional y moderna, el grado de desarrollo y su transferencia a los campesinos.
- Valorar la importancia científica, ecológica, económica y social de las especies estudiadas.

HIPÓTESIS

El aprovechamiento, manejo, industrialización y valoración de las plantas nativas de importancia económica para los campesinos en las zonas semiáridas y áridas de México están logrando detener la migración y la desertificación, promoviendo un desarrollo sustentable.

GENERALIDADES

1.1. Causas de la aridez en la República Mexicana

De acuerdo con García (1983), las causas de la extensión de las zonas áridas de México son:

1. La localización geográfica entre los 14° y 32° latitud norte; esto afecta a la porción boreal por el cinturón de altas presiones subtropicales de el Hemisferio Norte que consiste de dos grandes celdas anticiclónicas, la del Atlántico o Bermudas Azores y la del Pacífico norte con desviaciones sobre el continente, especialmente en invierno. A lo largo de esa banda el aire es descendente e inhibe todos los tipos de precipitación como lluvia, nieve y granizo.
2. La estabilización de la atmósfera por corrientes marinas y surgencias de agua fría; así, los desiertos costeros frente al Mar de Cortés en Sonora y en Baja California, se deben en parte a esta surgencia de agua fría desde el fondo del mar que estabiliza la atmósfera.
3. El efecto de sombra pluviométrica causado por las barreras montañosas es notorio en casi todas las áreas interiores del país, donde las montañas no permiten la penetración de los vientos húmedos desde el mar. Sólo cuando los vientos húmedos son reforzados en velocidad y humedad por los ciclones tropicales desde el Golfo de México y el Mar de las Antillas, en verano y otoño, puede haber algunas lluvias fuertes y tormentas en el interior.

1.2. Climas

Con base en la distribución general de los grupo climáticos de Köppen en México, García (1988), indica que debido a la situación de la República Mexicana con respecto a la zona subtropical de alta presión y a la orientación general de sus principales sierras, existen en nuestro país, especialmente en su mitad septentrional, amplias regiones con climas áridos y semiáridos BW o BS.

Los climas BW se localizan en la parte norte de la Altiplanicie Mexicana a altitudes menores de 1500 m, así como en la porción de la llanura costera del Pacífico al norte del paralelo 25° norte y en las zonas litorales de la península de Baja California, si se exceptúa el extremo noroeste de la misma en donde el clima es BS.

Los climas BS se encuentran bordeando a los BW en la parte norte de la altiplanicie, así como en los declives de la Sierra Madre Occidental que se elevan de la llanura costera del Pacífico al norte del paralelo 23° norte y en la porción central y noroeste de la península de Baja California. Se extienden además en las zonas interiores del centro y sur del país que se encuentran menos expuestas a la influencia de los vientos húmedos del mar, como sucede en algunas porciones de la parte sur de la Altiplanicie, en regiones de la parte más baja de la cuenca del Balsas y en las cuencas altas de los ríos Verde, Mixteco, Tlapaneco, Papaloapan y Tehuantepec.

La misma autora indica que a los climas BW, que Köppen designa como “climas de desierto”, los denomina “climas muy áridos o muy secos”, porque los verdaderos desiertos son lugares deshabitados. En cuanto a los climas BS, que denomina climas semisecos o semiáridos, Köppen los denomina “climas de estepa”. Aquí, la denominación no corresponde con la vegetación dominante en los climas BS de México, en los cuales no hay ordinariamente estepas verdaderas, como en ciertas partes de Rusia, sino que la vegetación más difundida consiste en asociaciones muy diferentes: asociaciones de cactáceas, matorrales espinosos o inermes, etc, etc.

Aunque el límite entre seco y húmedo es relativo y aproximado y puede ser establecido únicamente por acuerdo, la aridez (García, 1983) es resultado de una serie de factores físicos difíciles de evaluar exactamente. Se ha encontrado que el mejor indicador de aridez es la vegetación, debido a que sus organismos, no siendo capaces de moverse de un lugar a otro, se encuentran en armonía con el medio ambiente en el cual crecen.

Esto es interesante, pues en realidad el clima influye sobre los diversos recursos naturales vitales para la supervivencia del hombre en las regiones áridas y semiáridas: agua, suelos, vegetación y fauna.

Es importante destacar que además del promedio anual de lluvia también influye la distribución de la misma a través del año. Así, las especies vegetales se han adaptado tanto en su morfología como en su fisiología y reproducción a las condiciones de disponibilidad de agua. También las temperaturas máximas y mínimas extremas determinan la distribución de muchas especies (Grenot, 1983).

El Desierto Chihuahuense tiene una precipitación promedio anual de 234 mm, con una variación entre 150 a 400 mm y su superficie representa alrededor de 13 por ciento del territorio nacional. Además, casi todas las localidades en este desierto reciben más del 70 por ciento de su precipitación anual durante la mitad más cálida del año (mayo a octubre) con el máximo de lluvia en julio y agosto (Schmidt, 1983).

En el Desierto Sonorense las lluvias se presentan en verano o con más frecuencia en invierno, se les llama equipatas y determinan junto con las temperaturas máximas y mínimas así como de barreras geográficas, la existencia de otros tipos de vegetación y especies diferentes a las del Chihuahuense.

Las regiones semiáridas Poblana, Hidalguense, Tamaulipeca, Guerrerense, Tehuantepeca, Yucateca y Veracruzana descritas por Miranda y Hernández X. (1963) tienen condiciones algo más benignas en cuanto a precipitación y temperatura, que resultan favorables para algunas

especies incluidas en este estudio.

1.3. Suelos

El clima tiene un importante papel en la formación del suelo, lo cual fue reconocido por Dokuchaev en 1883, quien consideró que todos los suelos del planeta se habían formado por la interacción armónica de factores naturales: roca madre o material parental, relieve, clima, organismos vivos y edad o tiempo de formación de los mismos (Reyna, 2008). Adicionalmente, la actividad antrópica, el hombre como tal, debe ser considerado como sexto formador del suelo.

Así: material parental + temperatura + precipitación + biota + tiempo + hombre → suelo (Hernández y Ascanio, 2002, citados por Reyna, 2008).

Respecto al clima, son la temperatura y la precipitación los elementos mayormente relacionados con la formación de los suelos. Su influencia es muy importante, para la formación y existencia de los suelos áridos o semiáridos que ocupan regiones donde la precipitación es escasa. No hay duda, pues así lo confirman los registros fósiles, de que la vida sobre el planeta ha ido cambiando a través de las eras geológicas. Los climas, los suelos y la vida vegetal y animal que sustentan ha evolucionado a través de millones de años, dependiendo de las condiciones de humedad y temperaturas existentes en cada período de la tierra (Reyna, 2008).

En general, los suelos de las regiones áridas corresponden a Aridisoles, Calcisoles, Gypsosoles, (BRMRS, 2008); existen diversos tipos de ellos, dependiendo de las condiciones climáticas y el sustrato que les da origen (Soil taxonomy 2006). Así, en el Desierto Chihuahuense, los suelos presentan capas de acumulación de carbonato de calcio o caliche que varían de pocos milímetros a 40 cm y en ocasiones tienen espesor de algunas decenas de cm hasta 2.30 m; en este caso, se llaman calcimórficos (Cervantes, 2002).

En algunos sitios de Zacatecas, San Luis Potosí, Coahuila, Durango, Chihuahua, Tamaulipas y Aguascalientes existen suelos conocidos como Mokisoles, (Soil taxonomy, 2006), Phaeozem (BRMRS, 2008), de color oscuro y alta fertilidad. Otro tipo de suelos profundos, pesados, arcillosos de alta productividad y difícil manejo son los Vertisoles.

En el Desierto Chihuahuense es frecuente encontrar suelos con alto contenido en sales solubles, pues los bolsones y cuencas endorreicas favorecen su acumulación, proceso que se acelera por la evaporación ocasionada por las altas temperaturas diurnas, estos suelos pertenecen a los Solonchak (BRMRS, 2008).

Los Fluvisoles derivados del arrastre de materiales de partículas grandes o chicas se ubican en la Comarca Lagunera, y en parte de las zonas semiáridas de Oaxaca y Puebla. En regiones de lomeríos se encuentran los Regosoles, mientras que, en las bajadas, los Leptosoles, por el depósito de materiales coluviales y aluviales. En los valles, las condiciones de relieve y microclimáticas originan suelos arcillosos, profundos, de color oscuro y alto contenido de materia orgánica; se forman Vertisoles, de textura pesada con abundancia de arcillas activas que se rejen en su carácter expansivo en épocas de lluvia y de contracción en épocas de sequía, pero

muy productivos, bien manejados.

1.4. Vegetación

En las regiones áridas encontramos que la vegetación muestra una diversidad de tipos. Estos están constituidos por diversas formas de vida, que fueron caracterizados y clasificados por Miranda y Hernández X. (1963) y también, de manera amplia, por Rzedowski (1978). Para los propósitos de este estudio resultan de interés los siguientes tipos:

1.4.1. Mezquites y huizachales

Estas comunidades están constituidas principalmente por mezquites *Prosopis* spp. y huizaches *Acacia* spp., se encuentran en más de 4 millones de ha, abarcando manchones importantes en Durango, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y también en Sonora y Sinaloa.

Los mezquites y huizaches pueden ser árboles y arbustos cuyo crecimiento y vigor varían según el tipo de suelo, profundidad y disponibilidad de agua. De hecho, el mezquite es una planta freática indicadora de la presencia de humedad y de suelos profundos en las regiones áridas; por ello ha sufrido la acción del hombre, que prepara los suelos con elevadas concentraciones de calcio del mezquital para la agricultura.

1.4.2. Matorrales

Los matorrales subtropicales son comunidades bióticas donde predominan diversas especies de arbustos, como huizaches (*Acacia* spp), gatuños (*Mimosa biuncifera* y *Mimosa* spp.), nopales (*Opuntia* spp.), copal (*Bursera* spp.) y muchas otras. Para este estudio se considera de mayor importancia el matorral xerófilo, integrado por una variedad de comunidades bióticas integradas por una serie de especies, cuyas formas biológicas están muy bien adaptadas a la aridez, tanto morfológica como fisiológicamente. Entre ellas la candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), magueyes (*Agave* spp.), nopales (*Opuntia streptacantha*, *O. leucotricha*), biznagas (*Echinocactus histrix*, *E. platyacanthus*), orégano (*Lippia berlandierii*, *L. graveolens*), gobernadora (*Larrea tridentata*), etc.

Así, tenemos el matorral micrófilo localizado en Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y San Luis Potosí, cuya especie dominante es la gobernadora (*L. tridentata*) y vive bajo condiciones de extrema aridez, pero se asocia con varias especies de nopales, biznagas, leguminosas arbustivas y arbóreas como mezquites (*Prosopis glandulosa*), huizaches (*Acacia farnesiana*), chaparro prieto (*A. constricta*) y otras especies (Rzedowski, 1978).

El matorral rosetófilo es otra comunidad muy importante porque sus especies más abundantes son lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y maguey del cerro (*A. scabra*), con presencia de algunas especies de palmas o izotes como palma china (*Yucca filifera*) y palma samandoca (*Yucca carnerosana*) en el Desierto Chihuahuense.

El matorral crasicaule caracterizado por plantas de diferentes tamaños y formas, cilíndricas, esféricas, raquetiformes, etc. con tejidos parenquimatosos provistos de mucílagos y abundantes reservas de agua. Se encuentran en casi todas las regiones áridas de México, como los Desiertos Chihuahuense y Sonorense, pero también en las regiones semiáridas Poblana, Hidalguense, Guerrerense y Tehuantepeca.

1.4.3. Pastizales

Los pastizales de navajita (*Bouteloa gracilis*) y banderita (*B. curtispindula*) son importantes para la ganadería. Cuando son sobrepastoreados, pueden ser invadidos por plantas arbustivas que algunos consideran como malezas y para otros son la salvación de su ganado. Entre ellos los mezquites (*Prosopis* spp.), huizaches (*Acacia farnesiana*, *A. berlandierii*), gatuños (*Mimosa biuncifera*) y otras leguminosas.

1.5. Fauna

La fauna de las regiones áridas no ha sido suficientemente estudiada y no existe un inventario completo de especies. Como resultado, algunos grupos son mejor conocidos que otros, aunque para ciertas micro regiones si se cuenta con un listado suficiente de especies importantes ligadas a la utilización de la flora. Las investigaciones han sido más bien de tipo taxonómico que ecológico; por ello resulta de interés el trabajo de Grenot (1983), acerca de la fauna del Bolsón de Mapimí, basada en una investigación realizada en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, que proporciona listados de grupos importantes de toda clase de organismos invertebrados y vertebrados incluidos en la cadena alimenticia del Desierto Chihuahuense, un conocimiento del cual se carecía hasta esa época, según lo expresado por Medellín (1983).

El mismo autor afirma que en las zonas semiáridas de México como en el resto del país, se distribuye una mezcla de especies neotropicales que se están moviendo de sur a norte y especies neárticas que se mueven en dirección opuesta. Esto puede explicarse considerando el corredor biogeográfico que es México, pues casi todos los grandes mamíferos han sido muy cazados y ahora se encuentran raramente. Los animales carnívoros han sido eliminados sistemáticamente lo cual a veces ha conducido a desórdenes ecológicos, debido al crecimiento de las poblaciones de roedores y lagomorfos. Podemos confirmar esto en extensos ranchos ganaderos y propiedades ejidales en el norte del país.

Debido a esta situación, a partir de los años 1980s empezó a desarrollarse una nueva modalidad de ranchos ganaderos, llamados ranchos cinegéticos, en el norte de México (iniciada muchos años antes en Arizona, New Mexico y Texas) a fin de manejar la fauna silvestre a la par con la ganadería. Así, algunas especies de mamíferos, como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado bura (*O. hemionus*) y borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) son muy importantes en la actualidad para el aprovechamiento integral de la flora nativa, pues generan empleo

e ingresos complementarios favorables a la economía de algunos campesinos y ganaderos, en Coahuila, Durango, Chihuahua, Tamaulipas y Sonora. Dentro de la legislación correspondiente se manejan como UMAS (Unidades de Manejo Ambiental), y están reguladas y supervisadas por la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales).

1.6. El hombre en las zonas áridas y semiáridas de México

La presencia del hombre en las regiones áridas de lo que hoy se conoce como Aridamérica data de hace varias decenas de miles de años de acuerdo con pinturas rupestres que aún se conservan en cuevas encontradas en varias localidades de Durango y Coahuila, lo cual confirma que existieron pequeños clanes de nómadas que vivían de la caza y la recolección. Un caso particular fue el de aquellos que vivieron en la actual Comarca Lagunera que complementaban su precaria alimentación con la pesca. De acuerdo con Hernández X. (1997) en Mesoamérica, los que habitaron en regiones semiáridas de Puebla y Oaxaca y que originalmente se alimentaban de vainas de mezquite, piñones, nopales, pitayas, vieron aumentar su población y el hambre los obligó a volverse sedentarios y empezaron primero a auspiciar y luego a cultivar y domesticar algunas plantas como el maíz, frijol, amaranto, calabazas y chiles, poco después aprendieron a manejar el agua mediante presas y canales, dando origen hace unos nueve mil años a la agricultura de temporal y posteriormente de riego en Tehuacán.

La aparición de la agricultura representa un hecho sobresaliente en la historia ecológica, aún cuando en la mayoría de nuestras zonas semiáridas no se practicó hasta la Conquista de América. Otras modificaciones ecológicas ocurrieron después de la colonización, debido a introducciones de cultivos, crianza de ganado y minería en gran escala. Tiempo después, debido a la Revolución, tuvo lugar un nuevo cambio en los sistemas de producción en estas zonas desde 1910 en adelante; el mal manejo fue más o menos generalizado (Medellín, 1983). Se considera que esto se debió a la ruptura de los sistemas de producción y organización para el trabajo imperantes en la época.

Más adelante, se da el reparto agrario de las grandes haciendas y latifundios que se convirtieron en ejidos, mucha gente fue desarraigada de sus sitios de origen y a la gran mayoría se les dotó de tierra sin agua. Luego las propiedades originales se subdividieron dando lugar al minifundismo, situación que prevalece en gran parte del país. La falta de organización, carencia de recursos económicos y poca transferencia de tecnología ha propiciado la migración masiva de campesinos hacia los EUA y a las ciudades pequeñas o grandes de México.

MÉTODOS

Esta investigación se realizó como parte de una estrategia general para conocer acerca del aprovechamiento, manejo, industrialización y valoración de las plantas nativas y algunas introducidas en zonas áridas y semiáridas de México, aplicando los siguientes métodos

1. Revisión documental de artículos, revistas, libros, tesis, etc. para los temas incluidos en el Índice de la Tesis, de acuerdo con lo sugerido por Bosch (1982).
2. Trabajo de campo, que incluyó reconocimientos de campo, entrevistas con campesinos, recolectores, productores, ganaderos para recabar, complementar y actualizar información referente a las técnicas, métodos y tecnologías aplicados actualmente para el aprovechamiento y manejo de especies de plantas nativas e introducidas en zonas áridas, Estos trabajos se hicieron en las regiones áridas y semiáridas más representativas para las especies estudiadas. (Cuadro 2.1, Fig. 2.1).
3. Visita a industrias diversas que generan o transforman las materias primas, para conocer, observar y registrar fotográficamente los procesos de producción y tecnología utilizada, su grado de desarrollo y detectar si ha habido cambios sustanciales con respecto a la tecnología tradicional.
4. La aplicación de la metodología permitirá analizar los diferentes aspectos relacionados con la valoración de las plantas nativas consideradas en este estudio.

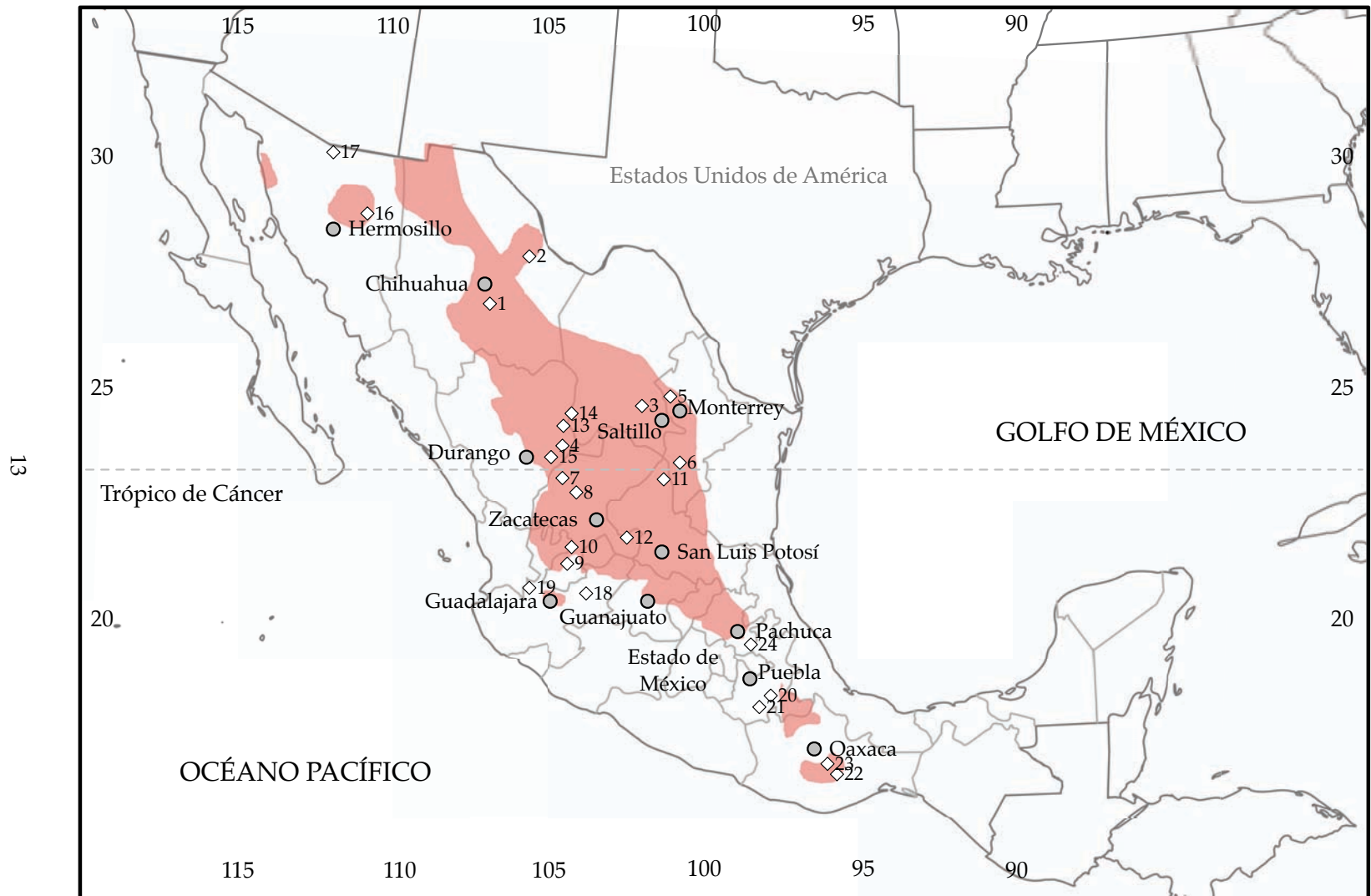


Figura 2.1. Área de estudio, que incluyó numerosas localidades, principalmente en el Desierto Chihuahuense, zonas áridas Hidalguense y Poblana. También algunas en el Desierto Sonorense.

Cuadro 2.1. Estados incluidos en el área de estudio y algunas localidades representativas*.

Estado	Localidad**	Estado	Localidad**
Chihuahua	Delicias ¹	Sonora	Moctezuma ¹⁶
	Coyame del Sotol ²		Nogales ¹⁷
Coahuila	Saltillo	Jalisco	Arandas ¹⁸
	La Saucedá ³		Tequila ¹⁹
	La Ventana ⁴	Puebla	Tehuacán ²⁰
Nuevo León	Monterrey		Santo Domingo
	García ⁵		Tianguistengo ²¹
	Dr. Arroyo ⁶	Oaxaca	Matatlán ²²
Zacatecas	Miguel Auza ⁷		Tlacolula ²³
	Río Grande ⁸	Hidalgo	Llanos de Apan ²⁴
	Moyahua ⁹		Santa Ma. Tecajete
	Jalpa ¹⁰		
San Luis Potosí	San Luis Potosí		
	Matehuala ¹¹		
	Salinas ¹²		
Durango	Bermejillo ¹³		
	Tlahualilo ¹⁴		
	Cuencamé ¹⁵		

*La descripción general del área de estudio, se incluye en el capítulo de Generalidades.

**Las localidades con número aparecen en el mapa de Fig. 2.1

RESULTADOS

3.1. Plantas de importancia económica en zonas áridas.

A continuación se describen los resultados obtenidos respecto a el aprovechamiento, manejo y valoración de plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México.

Por razones de tiempo, superficie que ocupan y empleos que generan, se seleccionaron las que consideramos más relevantes, y que son: candelilla, lechuguilla, maguey pulquero, maguey tequilero, maguey mezcalero, maguey bacanora, sotol, nopal de castilla, nopal duraznillo, nopal cardón, nopal de tuna blanca, pitayos y mezquites.

3.1.1. Candelilla, *Euphorbia antisyphilitica* Zuccarini (Euphorbiaceae)

Introducción

La candelilla, *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., es una planta propia del semidesierto. Se calcula que ocupa en la República Mexicana una superficie de aproximadamente 14 millones de ha. Es una fuente natural de cera, aunque existe el problema del mercado por la competencia con ceras más baratas; sin embargo, ya existen trabajos para su mejor aprovechamiento, lo que permitirá una mayor demanda.

En nuestro país se produce espontáneamente en las zonas áridas y semiáridas del norte, principalmente en los estados de Coahuila, Durango, Chihuahua, Zacatecas, Nuevo León y San Luis Potosí. Florece desde mediados del mes de marzo hasta los meses de octubre y noviembre y comienza a fructificar en los meses de abril y mayo.

En el semidesierto del Norte de México representa una fuente de trabajo y riqueza, pues de ella se extrae la cera de candelilla. De esta industria dependen aproximadamente 260 ejidos, 8,500 campesinos, que producen anualmente unas 3,000 toneladas de cerote (INIFAP-SEMARNAT, 2005). Una vez que se ha extraído, los residuos se utilizan como combustible y como forraje para animales de trabajo y para el ganado vacuno, ovino y caprino, especialmente en la época seca del año.

La candelilla, no obstante su tamaño y constitución física, puede asegurarse que es la representativa de las especies vegetales ceríferas dada su enorme importancia industrial en nuestro país, pues de los estados antes mencionados, donde vegeta principalmente esta planta y donde

se explota en mayor escala, se obtiene una producción total que rebasa las tres cuartas partes de las ceras vegetales que se elaboran en México.

Hasta fecha reciente, esta planta no había sido sujeta a cultivo, sino que se encontraba en estado silvestre. Sin embargo, ha sido, junto con otras plantas que se encuentran en estado silvestre, tales como el guayule, las palmas, la lechuguilla, etc., el sostén de las gentes que habitan el semidesierto. Actualmente, se ha despertado un gran interés por el estudio de esta especie en el Campo Experimental Forestal La Sauceda del Centro de Investigaciones Forestales del Noroeste INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), localizado en Ramos Arizpe, Coah., el CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada), la Universidad Autónoma de Nuevo León y algunas empresas privadas como Multiceras, S.A. de C.V., de García, N.L.

Antecedentes históricos y descubrimiento de la candelilla

Investigaciones científicas sobre la historia de la planta de candelilla fueron relativamente mínimas hasta el comienzo del presente siglo. La historia concerniente al estudio botánico y utilización de la planta es pobre e incompleta. Sin embargo, ciertos factores la han venido a dar a conocer a través de las palabras de los primeros pobladores españoles, quienes encontraron esta rara planta en México y en el área del Parque Nacional *Big Bend* (Texas), en los Estados Unidos de Norteamérica. Sus contribuciones combinadas con los esfuerzos prevalecientes en investigaciones, tales como los que realizara por el año de 1905, el Instituto Médico Nacional, actualmente clausurado, el cual inició el estudio de la vara de candelilla, principiando por plantar un ejemplar y cuando llegó a la floración, procedió a clasificarla Gabriel Alcocer, dándole el nombre de *Euphorbia cerifera* Alc., llegaron a formular una corta pero interesante historia de esta planta.

Los primeros pobladores indígenas deben ser acreditados como descubridores y usuarios de la planta de candelilla. Numerosas tribus de la región del Norte de México a lo largo del Río Bravo, utilizaron esta planta durante varios cientos de años, antes del descubrimiento del Nuevo Mundo.

Al descubrirse el Continente Americano con la llegada de los españoles a México en el siglo XVI, esta planta fue digna de atención. Los españoles nombraron a esta extraña planta “candelilla”, que significa vela.

Los españoles encontraron que los indígenas tenían varios usos para esta extraña planta. Los indios hervían los tallos en una paila primitiva y extraían la sustancia que contenían dichos tallos. Ellos usaron esta sustancia para proteger las cuerdas de sus arcos de los factores adversos del medio ambiente. También se cree que los indígenas la revolvían con colorantes que usaban para la pintura de las paredes en forma decorativa. No obstante que los indígenas contribuyeron en la historia de la planta de candelilla, es probable, que nunca la usaron en forma signficativa o de importancia. Esta contribución aportó uno de los principales usos de la planta por las tribus en los siglos XVII y XVIII; ellos tomaban los residuos de la cera creyendo

que tenían poderes curativos. Esta práctica, posteriormente, influyó en el mundo botánico, para clasificar esta planta como *Euphorbia antisyphilitica*, donde el nombre específico denota el uso de este arbusto contra las enfermedades venéreas. Este trabajo de clasificación lo realizó el botánico Zuccarini en el año de 1829.

Muchos años después, en 1909 el botánico mexicano Alcocer dió a la misma planta el nombre de *Euphorbia cerifera* y una descripción botánica de la misma bastante completa, así como una información digna de su capacidad como productora de cera. El hecho de que este señor no mencionara el nombre asignado por Zuccarini a la candelilla se debió posiblemente a no haber conocido la descripción de este autor, pero como las de ambos son similares, puede considerarse al nombre *Euphorbia cerifera* Alc. como sinónimo de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc.

Por otro lado, se sabe que los pobladores españoles le dieron nuevos usos a la cera de candelilla, pero utilizando el mismo procedimiento de extracción. Uno de los principales usos de esta cera fue en la producción de velas. Los españoles también usaron la sustancia cerosa para sellar las hendiduras en las paredes de las viviendas. Al estar por finalizar el siglo XIX, se demostró que la candelilla crecía en áreas específicas del norte de México y en el área del *Big Bend*, Texas. Con la llegada del siglo XX, la cera de candelilla llamó la atención de los consorcios industriales, quedando establecido el hecho de que la cera de candelilla era muy frágil o quebradiza y agregando otros componentes cerosos actúa como agente suavizador.

Durante el período de 1915 a 1938 la cera de candelilla fue usada en la producción de discos fonográficos. Hasta hace algunos años, el mercado de discos consumió una gran cantidad de cera doméstica del extranjero. También durante este período, la industria de la construcción estuvo usando cera de candelilla en grandes cantidades como mejor componente para impermeabilizante y protección contra las lluvias. Así mismo, la industria mueblera usó la cera como ingrediente para pulimento de muebles y la industria del calzado la usó como aditivo base en la grasa. Esta última industria consumió casi la mitad de la cera de candelilla en los mercados.

Con el firme ascenso de la industria de la candelilla, aparecen los primeros grandes campos candelilleros de cera doméstica en las regiones del norte de México y el *Big Bend*, Texas. Fue durante la segunda Guerra Mundial cuando la producción de esta cera doméstica alcanzó nuevas proporciones.

Retrocediendo en el tiempo tendríamos que admitirse que la cera de candelilla es tan valiosa para los productos domésticos y consumidores actuales como lo fue para los indígenas en sus diarias búsquedas de siglos pasados.

Descripción botánica

La candelilla es una planta herbácea, raíz tuberiforme y semileñosa, sufruticosa y perenne, cuyo nombre español significa candela o vela pequeña, debido a sus largos y delgados tallos, como del grosor de un lápiz ordinario y los cuales son simples o a veces ramificados (Figura 3.1). Presenta una raíz típica o pivotante y napiforme, con una gran cantidad de raicillas adventicias, dando el aspecto de cabellera, en una planta adulta, (Figura 3.2).



Figura 3.1. Candelilla, (*Euphorbia antisiphylitica*), planta que muestra sus tallos verticales cubiertos por una cutícula cerosa y con multitud de flores. Se han distinguido dos ecotipos: Sierra y Bajío. "La Saucedá", Ramos Arizpe, Coah.

La planta tiene tallos aéreos y subterráneos. El tallo aéreo presenta a simple vista el aspecto de una vara de color verde glauco debido a que está cubierto de una capa de cera y de tramo en tramo se aprecian nudosidades. Su ramificación es simpódica. Los renuevos son de color verde pálido aunque en algunos tramos presentan tintes rojizos.

El tallo adulto es de color verde más oscuro. Aparecen puntos de cera circulares y se ve claramente que las crestas sobresalen de ellos y presentan estrías y gran cantidad de pequeños puntos refringentes, probablemente partículas de cera. La cera que en un tallo joven parece salir exclusivamente por los "poros ceríferos", aquí cubre totalmente el tallo dando la impresión de que se trata de una secreción de toda la epidermis; en estos tallos la cera se desprende en forma de laminillas, las cuales muestran grabadas en su cara posterior, las impresiones de las estrías de la epidermis.

Las hojas son esparcidas, sésiles y pequeñas, sobrepasando escasamente, en su mayoría 1 cm de longitud y 1 a 2 mm de ancho, son de color totalmente verde las hojas que se encuentran en el extremo distal del tallo, que por lo general son 2 o 3; el resto de ellas se encuentran muy distantes unas de otras y son de color moreno rojizo oscuro. Son caedizas en los tallos adultos y dan a las ramas del vegetal el aspecto de a los. (Chapa, 1959).

Por lo que respecta a las vegetaciones, tanto el haz como el envés y los bordes presentan tricomas tortuosos, blanquecinos o translúcidos, aun en las regiones del limbo de coloración rojiza y no son muy numerosos. Las modificaciones se reducen a las piezas del ciatio y a las de los verticilos corales.

La inflorescencia de la candelilla es comúnmente una espiga de cabezuelas. Las flores de ambos sexos se encuentran dentro de una estructura que tiene forma de copa, llamada ciatio, conteniendo cada una de estas estructuras aproximadamente de 45 a 47 flores masculinas y una femenina en el centro, la cual no siempre se desarrolla.

Visto el ciatio detenidamente presenta en conjunto el aspecto de un perianto con las piezas



Figura 3.2. Raíz napiforme de candelilla. Se ha tratado de propagar esta planta por este medio pero se ha concluido que no es efectivo, Campo Experimental "La Saucedá", Coah.

unidas en la base, siendo los sépalos petaloides más grandes y carnosos que los pétalos, los que son membranosos y más pequeños.

El androceo está constituido por un solo estambre con el filamento articulado y una antera de 2 tecas y 4 sacos polínicos.

El ovario tiene forma cercana a la esférica y presenta 3 carpelos que corresponden a sus 3 lóculos, en cada uno de los cuales se aloja un ovario anátropo. Con mucha frecuencia uno o dos óvulos no alcanzan su completo desarrollo; estilo grueso y corto. La flor femenina no siempre se desarrolla, por lo que frecuentemente se encuentran ciatios que aparentemente sólo contienen flores masculinas.

El fruto es una cápsula trilocular que depende de un largo pedúnculo, el ginóforo. Cuando llega a su madurez toma una coloración café de tonalidad variable. Cuando los óvulos han completado su desarrollo y se transforman en semillas, la cápsula estalla arrojándolas en torno a la planta, siendo esta la forma en que la planta disemina las semillas. Figura 3.3.

La semilla está colocada dentro de un lóculo, con la carúncula hacia abajo. A simple vista es de color café claro y presenta en su extremo más delgado una estructura de color blanquecino, la carúncula, la cual tiene forma de umbela. Hay aproximadamente 272,000 semillas en 1 kg, entre buenas y vanas; considerando sólo las buenas hay más o menos 260,000/kg. En su ambiente natural la candelilla se reproduce por semillas, pero también por rizomas.

Origen y distribución geográfica

La candelilla *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. es nativa del norte de México. Esta planta se encuentra distribuida en todo el Desierto Chihuahuense. Se extiende al sur hasta Hidalgo, al



Figura 3.3. Cápsulas tricarpelares de candelilla. Son pequeñas y contienen pocas semillas. Éste no es un método adecuado para la propagación comercial.

Oeste de Chihuahua y al Norte hasta la región del Parque Nacional *Big Bend* en el estado de Texas, EE.UU., en Nuevo León y Tamaulipas, al Este y al Sur en Puebla y Oaxaca. Aun cuando se presenta en todas estas regiones, De la Cruz (1958) señala que no se desarrolla en todos los hábitats.

Cervantes (2002) indica en su trabajo la zona de explotación de esta especie. Los límites señalados cubren una área aproximada de 152,000 km². Actualmente se conoce en forma más precisa la distribución de la candelilla; el INIFAP, cuenta con mapas detallados de la zona de distribución y de la zona en explotación.

Condiciones ecológicas y edáficas

Clima. Según la clasificación de García (1988), en las regiones candelilleras imperan los climas del tipo BW (o sea, los climas más secos que hay) y también predominan los del tipo BS.

Precipitación. La cantidad de agua de lluvia que cae anualmente en las zonas específicas donde se desarrolla la candelilla, según De la Cruz (1958), varía de 50 a 200 mm por año. Se ha reportado que la secreción cérica es más abundante en los meses más secos del invierno y que las plantas que crecen en regiones húmedas producen menos cera que las que viven en sitios más áridos.

Temperatura. Existen en las zonas candelilleras temperaturas extremas de 0.4°C y 44°C generalmente; las heladas constituyen un factor limitante que controla su distribución.

Con respecto a la temperatura mínima que puede soportar la candelilla se ha visto que en el Campo Experimental Forestal "La Sauceda", Coah., se han presentado temperaturas de hasta -14°C y esta especie las ha soportado.



Figura 3.4. Aspecto típico de un campamento candelillero. Destacan los grandes montones de plantas. Obsérvese el grado de aridez. Cerca del Ejido Cosme, Ramos Arizpe, Coah.

Altitud. La candelilla, vegeta principalmente en regiones situadas entre los 1000 y los 2000 m.s.n.m. Aunque a veces, esta planta se le puede localizar en altitudes menores y en altitudes mayores hasta el límite del *Pinus cembroides*, mezclándose con *Agave lechuguilla* y con los pastos que aumentan en frecuencia.

Asociación. Las plantas más comúnmente asociadas con la candelilla *E. antisiphilitica* son: lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guapilla (*A. falcata*), guapilla china (*Hechtia spp.*), sotol (*Dasyilirion spp.*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), maguey cenizo (*Agave sp.*), y numerosas cactáceas, como: biznagas (*Ferocactus spp.*), nopales (*Opuntia spp.*), biznagas (*Mammillaria spp.*), biznagas (*Echinocactus spp.* y *Echinocereus spp.*).

Convive también con muchas especies de gramíneas y con “palma samandoca” (*Yucca carnerosana*); siempre que habite en lugares con bastante pendiente, pues cuando esta planta está en valles, apenas se presenta la candelilla. En las áreas donde el suelo es más profundo, se encuentra esta planta asociada con: gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasén (*Flourensia cernua*), mezquite (*Prosopis laevigata*), cardenche (*Opuntia imbricata*), nopal cegador (*O. microdasys*), tasa-jillo (*O. leptocaulis*) y algunas especies de Ramnáceas. La candelilla que vive en suelos arcillosos es de bajo contenido de cera. En algunos lugares llega hasta encontrarse con *Quercus*.

Suelos. Generalmente, los suelos donde crece la candelilla, son muy variables en textura, desde migajón limoso, hasta franco arcilloso, arcilloso, de áreas bajas de las llanuras desérticas y arenosos pobres; contenido de materia orgánica de 0.96 a 2.64, (WAFLA, 2006).

El pH varía desde 6.3 hasta 8, el color de oscuro a grisáceo, los suelos son someros o profundos, creciendo más la planta en estos últimos, es decir, en las sierras en donde se encuentra más materia orgánica, debido a la descomposición de las hojas de lechuguilla u otras plantas. La pendiente es muy variable también. Esta planta pre ere las laderas donde el drenaje es bueno, y raramente se le encuentra en las partes bajas de los valles o en los suelos arcillosos de las áreas



Figura 3.5. Cargando una paila. El agua que contiene se calienta pronto incrementando el fuego con residuos de extracciones anteriores.

bajas de las llanuras desérticas.

Plagas y enfermedades

Existen varios insectos que ovipositan en el interior de los tallos de esta planta; allí se desarrollan las larvas, que destruyen la yema terminal originando nudosidades que dan la apariencia de una cápsula. De la Cruz (1958), encontró uno de estos insectos, mencionándolo como un díptero de la Familia *Cecidomyiidae*, cuyas larvas en un primer estado son de color blanco cristalino y van tornándose anaranjadas a medida que crecen. También menciona la presencia de una escama no identificada, que por sus características pertenece, posiblemente al género *Phenacaspis* y una araña roja que aparentemente es un parásito de las escamas.

Investigadores de la Escuela de Agricultura del ITESM, encontraron larvas de insectos Himenópteros en las agallas o cápsulas. Asimismo, se mencionan unos ensanchamientos aplanados y retorcimientos en las partes terminales de los tejidos caulinares, ignorándose la causa de tales deformaciones. Posteriormente se encontró que los Himenópteros pertenecen a la Familia *Cynipidae*, misma que está relacionada con la formación de agallas (J. Mathieu, comunicación personal). En relación con las deformaciones, se sospecha que se trata de un virus (E. Rivera, comunicación personal).



Figura 3.6. Campesino agregando ácido sulfúrico para curar el agua y acelerar el desprendimiento de cera de la candelilla en una paila cargada.

Aprovechamiento e Industrialización

Actualmente, el aprovechamiento de la candelilla está regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas, para realizar el aprovechamiento sostenible de la candelilla, transporte y almacenamiento del cerote (CITES, 2009).

La superficie bajo aprovechamiento es de 427,000 ha, que representan 1.32 % de la distribución potencial en el país (32,420,133 ha). Coahuila es el principal productor, seguido por Zacatecas, Durango y Chihuahua. Actualmente existen 160 predios aprovechando la candelilla, con estudios técnicos e inventarios en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, (SEMARNAT, 2009). Los municipios de Ocampo y Cuatro Ciénegas, Coah., producen el 42 % del cerote procedente de los ejidos candelilleros. A continuación se explican las etapas del proceso:

(A) *Recolección de la planta.* Aunque la cera puede producirse durante todo el año, su explotación se realiza principalmente en la época seca, de octubre a junio. Este lapso abarca los meses de invierno, en los cuales la mano de obra es más disponible y los rendimientos de cera son mayores. Se puede efectuar la práctica de recolectarla y apilarla durante esta época y hacer la extracción durante los meses lluviosos.

La explotación de la planta y la extracción de la cera constituyen todavía una industria primitiva, en gran parte de naturaleza migratoria: al encontrar una área con abundante población de candelilla se establece allí un campamento de extracción o “fábrica”, requiriendo tan sólo un aprovisionamiento de agua regular.

La recolección de la planta es una labor pesada: el campesino, generalmente se interna en el monte por jornadas que con frecuencia exceden de 48 horas, lapso en el que colecta de

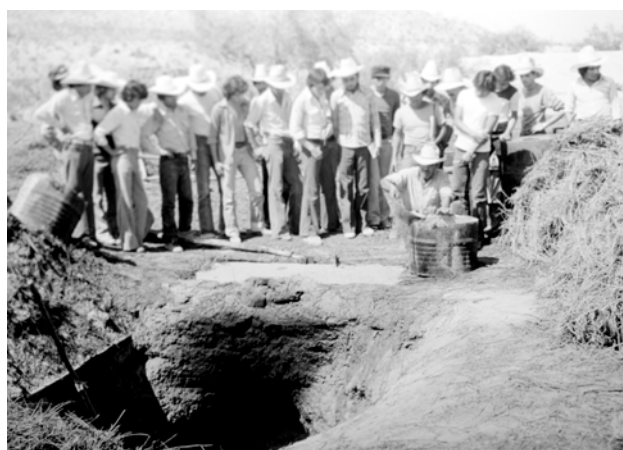


Figura 3.7. La espuma cerosa, es extraída con el “espumador” y después vertida en un recipiente.

400 a 1000 kg de candelilla.

La recolección se realiza a mano, arrancando las plantas con todo y raíz y formando haces de 10 a 30 kg, que luego se transportan con ayuda de animales de carga o de tiro hasta las “fábricas”. Es muy difícil calcular el rendimiento de candelilla por ha, por crecer en forma anárquica. Sin embargo, Hodge y Sineath (1956) mencionan que donde es abundante se pueden coleccionar hasta 22 ton/ha.

Este método de recolección destruye la corona o cuello de la planta y gran parte de las raíces, ocasionando el aniquilamiento de la población vegetal; si se dejaran las raíces o una porción de las plantas, éstas se regenerarían y no habría necesidad de trasladarse a otra área para repetir la operación, una vez agotada la materia prima.

- (B) *Extracción del cerote.* Desde principios del siglo XX se viene explotando la candelilla en México, por su cera. Desde entonces, los procedimientos para extraer este producto fueron determinados principalmente por el carácter migratorio y periodicidad de la explotación, razón por la cual se usa un equipo ligero y fácil de movilizar. Y aún hoy siguen usándose los mismos procedimientos en muchas partes.

Son dos los métodos más conocidos para efectuar la extracción del cerote, coincidiendo en el empleo de fuego y agua en su procedimiento de extracción. A continuación se citarán y describirán dichos métodos, siendo el primero de ellos el único que se emplea en todas las zonas candelilleras del país.

- a) *Extracción con ácido sulfúrico y forma de efectuar el trabajo.* El equipo básico en un campamento candelillero comprende esencialmente un recipiente metálico, cuadrangular, de dimensiones variables, llamado comúnmente “paila”. Estas pailas trabajan a fue-

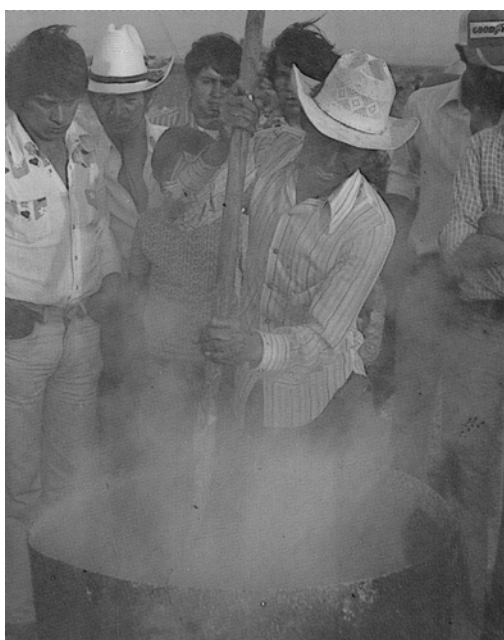


Figura 3.8. El contenido del recipiente se vierte al cortador. Este se coloca al fuego, poco a poco la espuma hierve, sube es removida y enfriada y así varias veces hasta que se concentra la cera; se deja solidificar hasta el día siguiente para formar el cerote.

go directo sobre hornillas cavadas en el suelo, usándose como combustible la madera disponible o los restos de las plantas beneficiadas (Figura 3.4).

Se llena la paila con las plantas y se agrega agua suficiente para cubrirlas; se activa el fuego, se emplea una parrilla metálica para mantener sumergidas a las plantas en el líquido mientras hierve y cuando está hirviendo se agrega el ácido sulfúrico; entonces la cera se separa de los tallos, vota en forma de espuma ligeramente coloreada, que se recoge con instrumentos adecuados llamados “espumadores” y se acumula en otro recipiente. Se acostumbra calcular 1 kg de ácido sulfúrico por cada 3 kg de cera producida o bien 8 kg de ácido sulfúrico por cada 1,000 kg de materia prima, (Figuras 3.5 a 3.7).

Generalmente, las pailas tienen una capacidad para 300 kg de planta y 400 litros de agua. La cera reunida sufre un refinado inicial por ebullición con nuevas adiciones de ácido sulfúrico, permitiendo luego se solidifique en forma de panes. La parte central del pan se envía a la refinera y las porciones superior e inferior que aún contienen alto porcentaje de impurezas son tratadas con la nueva carga de plantas de candelilla (Figuras 3.8 y 3.10). El cerote obtenido en los campamentos es de color café, debido a que contiene aproximadamente 10% de impurezas, comprendiendo basura, agua, resina, restos de plantas, etcétera.

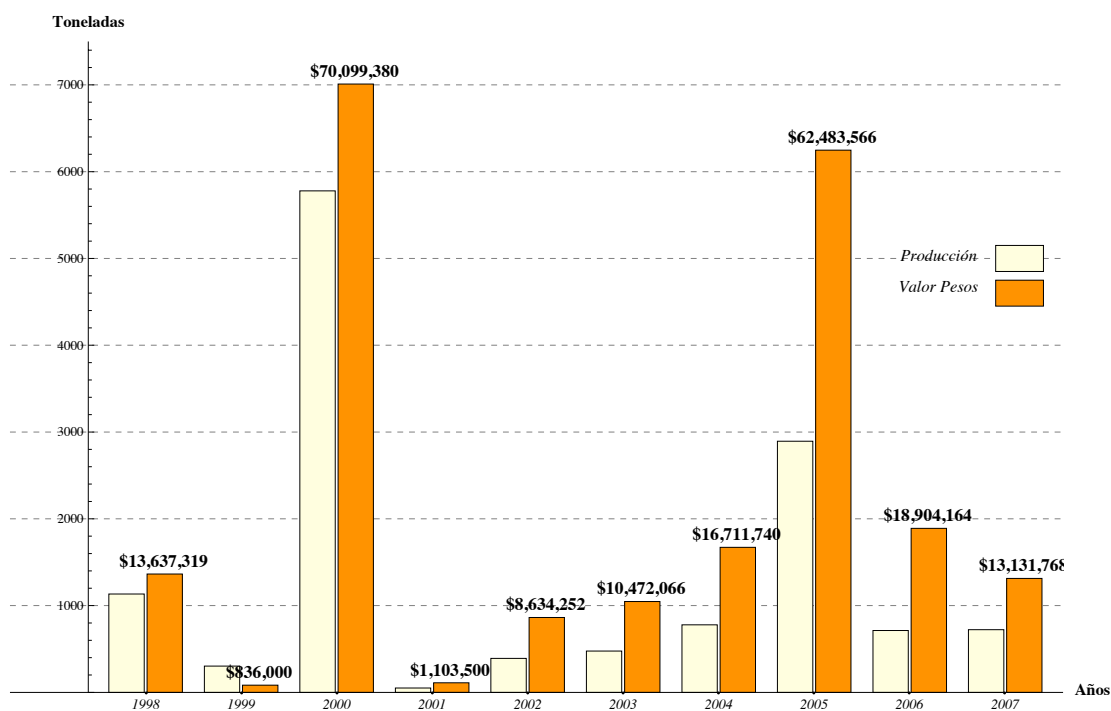


Figura 3.9. Producción y valor económico de cera de candelilla, 1998-2007.

b) *El procedimiento químico, también llamado “disolventes de recuperación”*. Este método está basado en la propiedad que tienen algunas sustancias (gasolina, cloroformo, eter etílico) de disolver la cera de candelilla a la temperatura ambiente o con la ayuda de un poco de calor.

El proceso consiste en poner la planta limpia en un recipiente que contenga algunos de los disolventes citados. Se eleva la temperatura, sin provocar la gasificación del disolvente, hasta que se desprenda y funda la cera contenida en la planta. Se decanta y filtra el soluto, se deposita en un alambique donde se gasifica y se recupera el disolvente empleado, quedando como residuo la cera. El disolvente recuperado se vuelve a usar en las operaciones subsiguientes, aunque ya fuertemente disminuido en su volumen. Mediante este procedimiento se llega a extraer de 4 a 5% de cera por peso de planta; sin embargo, este método de extracción no se ha generalizado, debido principalmente a lo costoso que resulta el equipo y los disolventes necesarios.

(C) *Refinación*. Hasta los años 80 la refinación se llevó a cabo en la única refinadora (Planta de Refinación del Programa de Compra y Refinación de Cera de Candelilla, BANRURAL) establecida en la ciudad de Saltillo, Coah., ahí es donde se concentraba toda la producción de cerote de los ejidos autorizados para su explotación; posteriormente, a partir de

Cuadro 3.1. Propiedades físico-químicas de la cera de candelilla, según el BANRURAL, S.A. 1981.

Punto de fusión	68.5 a 72.5°C
Índice de refracción	1.4550 a 1.4611
Gravedad específica	0.950 a 0.990
Índice de acidez	120 a 220
Índice de saponificación	43 a 65
Hidrocarburos	30.6 a 45.6 %
Ácidos grasos	20.6 a 29.0 %
Color	Café amarillento
Punto de inflamación	235.4 a 248.4°C
Índice de Iodo	19 a 44
Rigidez eléctrica voltios por mm de sección a 50 ciclos, utilizando esferas de 25 mm de diámetro	23 500 a 45 400

Cuadro 3.2. Producción y valor económico de cera de candelilla en México, 1998-2007.

Año	Estado	Cantidad (ton)	Valor (\$)
1998	Coahuila	245	2,940,000.00
	Durango	41	521,319.00
	Zacatecas	848	10,176,000.00
1999	Coahuila	293	586,000.00
	Durango	10	250,000.00
2000	Coahuila	94	1,879,380.00
	Zacatecas	5,685	68,220,000.00
2001	Coahuila	50	1,103,500.00
2002	Coahuila	392	8,634,252.00
2003	Coahuila	476	10,472,066.00
2004	Coahuila	559	12,308,340.00
	Durango	220	4,403,400.00
2005	Coahuila	2,713	59,691,016.00
	Chihuahua	60	126,000.00
	Durango	70	1,395,800.00
2006	Nuevo León	51	1,270,750.00
	Coahuila	349	7,677,582.00
2007	Zacatecas	364	11,226,582.00
	Coahuila	556	12,238,468.00
2007	Chihuahua	137	287,700.00
	Durango	30	605,600.00
Total		13,243.00	216,013,755.00

Fuente: SEMARNAT, 2009. Anuarios de la Producción Forestal. México.

Cuadro 3.3. Exportación de cera de candelilla. 1977 a 1978.

Destino	Kg.	%
Nueva York, E. U. A.	1 414 334.0	39.56
Barcelona, España	196 000.0	5.43
Londres, Inglaterra	128 800.0	3.60
Hamburgo, Alemania	112 640.0	3.16
Osaka, Japón	88 204.0	2.47
Buenos Aires, Argentina	86 160.0	2.40
Ciudad del Cabo, Sudáfrica	50 080.0	1.20
Valparaíso, Chile	44 160.0	1.20
Génova, Italia	39 040.0	1.10
Exportación	2 391 214.0	66.90
Mercado Nacional	1 184 080.0	33.10
Total	3 575 294.0	110.0

Cuadro 3.4. Exportaciones mundiales de cera de candelilla, reportadas por la Autoridad Administrativa CITES de México (DGUS) y el UNEP-WCMC; 2003-2008.

Año	DGUS-SEMARNAT* kg	UNEP-WCMS** kg	Total Anual kg
2003	175,000	191,525	366,525
2004	417,150	218,900	636,050
2005	423,000	231,525	654,525
2006	393,525	213,500	607,025
2007	689,200	234,600	923,800
2008	1,152,135	-	1,152,135

*Cantidades con permisos CITES (de México).

**Centro Mundial para Monitoreo de la Conservación del PNUMA.
Fuente: CONABIO, 2009.



Figura 3.10. Descargando los residuos de la paila después de la extracción.

1992 se denominó CENAMEX (Ceras Nacionales Mexicanas).

Ahi el proceso también se realiza en recipientes metálicos, rectangulares con capacidad, de 5.5 ton., de los que hay instalados 3 para una producción diaria de 16.5 ton., de cera re nada; y consiste en fundir el cerote a temperaturas de más o menos 100°C, usando diesel como combustible para que, por evaporación, se elimine la humedad que pueda tener y, agregando un poco de ácido sulfúrico, hacer que las impurezas se precipiten al fondo, que es cóncavo. Después se deja reposar dando lugar a que la tierra u otras impurezas que tenga en suspensión sedimenten antes de proceder a vaciarla a pilas de enfriamiento donde se solidi ca y es quebrada para su envase. (Figuras 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13).

El vaciado se hace por decantación y el producto en estado l´quido es pasado a través de cedazos de 60 mallas por pulgada, logrando una pureza casi total de 1% de materias extrañas, con excepción de la resina que es parte de la cera misma. Esta cera es de un color amarillo claro. En estas condiciones, la cera es quebrada y envasada en sacos estándar de 80 kg netos y puesto a la venta en el pa´s pero también se exporta en cantidades importantes (Cuadro 3.1 y Figura 3.14).

Producción y Comercialización

Los estados productores, cantidad y valor de la cera de candelilla, producida en México durante un periodo reciente de 10 años (1998-2007) se indican en el Cuadro 3.2 y Figura 3.9.

Anteriormente, el Banco de Comercio Exterior era la única institución autorizada para comercializar la cera de candelilla. A partir del año 1979, por Decreto Presidencial, el BANRURAL



Figura 3.11. Durante la re nación, para ayudar en el proceso de eliminación de humedad, tierra, residuos vegetales u otras impurezas, se agrega nuevamente ácido sulfúrico.

pasó a ser la institución autorizada para la extracción, re nación y comercialización de la cera de candelilla (Mario Ávila, comunicación personal). Esto hizo que el Banco de Comercio Exterior se apartara de las funciones que venía desempeñando desde hace varios años atrás en la comercialización de este producto.

Según el Programa de Compra y Re nación de Cera de Candelilla de BANRURAL S.A., la exportación de cera de candelilla efectuada de 1977 a 1978, se hacía a 27 países, siendo los principales los mostrados en el Cuadro 3.3.

Actualmente , la cera de candelilla, en sus diversas presentaciones comerciales se exporta a Estados Unidos de América, Japón, Alemania, España, Francia y Holanda principalmente.

Este producto está considerado en el Apéndice 11 de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). Por lo cual se requiere permiso de ésta así como del UNEP-WCMC (Centro Mundial para Monitoreo de la Conservación del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) para realizar operaciones de exportación.

Las cantidades de cera de candelilla exportadas en los años recientes, del 2003 al 2008, con los respectivos permisos expedidos por dichas organizaciones se indican en el Cuadro 3.4. Comparando estas cifras con las del cuadro 3.3, se observa una disminución en las exportaciones, pero con tendencia a aumentar.



Figura 3.12. La cera caliente se deja reposar varias horas para que las impurezas se depositen en el fondo, luego se vierte en moldes (piletas) de concreto.

Rendimientos

Los rendimientos son variables, según las condiciones de suelo y clima, según la estación del año y el porcentaje de humedad en la planta, de acuerdo con De la Cruz (1958). El mismo autor menciona el siguiente análisis:

Análisis de una planta seca, Hacienda de Guadalupe, Coah.

Humedad	52.00 %
Cera	5.20 %

Según análisis de plantas de varias zonas productoras, se encontraron los más altos rendimientos en el Municipio de Cuatro Ciénegas, Coah. y los más bajos en Concepción del Oro, Zac., correspondiéndoles respectivamente 3.26 y 1.69 % sobre base húmeda, en general se obtiene 25 kg de cera por tonelada de plantas.

Propiedades y usos de la cera

Las propiedades de la cera de candelilla varían con la época de cosecha, edad de la planta y por la variabilidad misma entre las plantas de una misma área. Sus propiedades físico-químicas se anotan en el Cuadro 3.1.



Figura 3.13. Cera de candelilla cuajada, se nota el brillo característico del producto ya purificado.

La cera de candelilla es más dura que la de abeja, pero menos que la de carnauba; aunque fundida es de mayor viscosidad y su aspecto es más de resina que de cera. Se mezcla con otras ceras impartiendo nuevas propiedades y con frecuencia reduce el precio, pues el costo de la materia prima es menor que el de otras ceras especializadas. Es moldeable, no tóxica y de olor agradable, es desincrustante; con menor porcentaje, de resinas puede aventajar a la de carnauba en muchas aplicaciones y la desresinización es posible. Tratada con ácidos orgánicos a temperaturas elevadas da un producto de más alto punto de fusión: 75°C.

Por otro lado, la emulsión preservadora de frutos, obtenida en base a la cera de candelilla tiene las propiedades siguientes:

- Retarda la madurez
- Permite conservar el color
- Protección contra las enfermedades
- Reduce la pérdida de humedad
- Conserva el peso
- Permite al productor transportar su mercancía al mercado
- Proporciona condiciones óptimas de comercialización
- El recubrimiento aproximado de emulsión es de 1.2 litros /ton de fruta.

El uso de la cera de candelilla depende de las propiedades físico-químicas antes mencionadas en el Cuadro 3.1. Por lo tanto, este producto tiene una gran variedad de usos, entre los cuales tenemos:



Figura 3.14. La cera de candelilla es partida con ayuda de mazos de madera, una máquina quebradora la reduce a trozos de tamaño irregular. Estos se empacaban en costales fabricados con fibra de palma samandoca. Se exporta a países industrializados.

- Elaboración de velas
- Como diluyente de la cera de abeja
- Como endurecedor de ceras blandas
- Abrillantador de automóviles
- Papel carbón y estampado litográfico
- Tintas de imprenta y de escribir
- Compuestos de celuloide
- Gomas de mascar
- Preparación de cosméticos
- Aisladores eléctricos
- Emulsiones para brillo
- Bases lubricantes
- Vaciados de precisión
- Pinturas y barnices
- Compuestos de hule
- Ceras para calzado
- Pulimentos para pisos y muebles
- Materiales a prueba de insectos
- Compuestos para metales y artículos protectores (odontología)
- Productos impermeabilizantes
- Crayones, linóleo, plásticos, ungüentos, explosivos, etcétera. (Figura 3.15).

Problemas socio-económicos de los productores.

Los problemas de los candelilleros son de índole material y social y están estrechamente relacionados. Entre los materiales se encuentran el medio natural inhóspito de la zona candelillera, con escasas vías de comunicación; por otra parte, están las varias instituciones que hasta hace poco intervenían en los procesos de obtención y mercadeo de la cera, las cuales han sido hasta cierto punto poco efectivas en sus programas.



Figura 3.15. Exposición de productos elaborados con cera de candelilla. Cosméticos, pilas, chicles, dulces, pastillas, juguetes, ceras, pulimentos, crayones, etc. Tiene incluso aplicaciones más sofisticadas, como aislantes en conexiones de satélites, moldes para piezas de maquinaria y mil usos más. Programa, compra y re nación de candelilla. BANRURAL. Saltillo, Coah. 1982.

Respecto a los problemas sociales, se tienen las condiciones paupérrimas en que viven estos campesinos: su alimentación pobre y escasa; su habitación de adobe con piso de tierra, formada de 1 ó 2 cuartos que hacen las veces de recámara, comedor, cocina, etc., y que carece de baño, ni siquiera de tipo fosa, lo que ocasiona frecuentemente algunas enfermedades intestinales. Todo lo anterior se debe a los ingresos tan raquíticos que perciben los candelilleros. Por otro lado, el crecimiento demográfico ejidal ha sido excesivo para la producción de cera, pues esta tiene que repartirse cada vez más entre un mayor número de ejidatarios.

El problema económico se agudiza si se impide explotar la cera en la época de lluvias, por existir ejidos que casi se sostienen de ella. Si bien ahora reciben mayor precio por kg, el valor de los artículos de primera necesidad también ha subido y por otra parte, hoy en día tienen que recorrer mayores distancias para poder conseguir la planta, que hace algún tiempo conseguían fácilmente.

Otro de los problemas importantes es que la explotación intensiva de esta especie vegetal en algunos centros ha agotado el aprovechamiento a tal grado que se ha propuesto el cultivo y para ella se requiere información sobre prácticas agronómicas y estudios comparativos de las plantas silvestres y las cultivadas.

En relación con la propagación por semilla se han hecho intentos serios, lográndose un éxito parcial. De la Cruz (1958), realizó pruebas de germinación en condiciones de laboratorio, encontrándose una duración de 48 a 72 horas en la oscuridad y con temperatura media de 25°C; sin embargo concluyó que la siembra comercial por semilla no es un método práctico. El mismo autor realizó pruebas de propagación por rizomas obteniendo 94 % de prendimiento; los rizomas fueron enterrados a una profundidad de 5 cm.



Figura 3.16. Burro comiendo residuos secos de candelilla, después de la extracción del cerote.

En el Campo Experimental Forestal “La Saucedá”, Coah., se ha estado trabajando sobre “Métodos de Propagación de Candelilla” a nivel experimental, desde 1962. Para los años ochentas ya se tenían los resultados de dichos trabajos. De los tres métodos que se probaron (por tallo, rizomas y semillas), más el testigo; el que dio mejores resultados fue el método por tallos.

Con respecto al punto de la cosecha, se ha sugerido hacer el corte de tallos con tijeras, al ras del suelo. Al respecto de la Cruz (1958), realizó pruebas, concluyendo que al accionar las tijeras, los tallos se esparcen dificultándose su recolección. Sin embargo, no es método práctico, pues además de que se desprende una considerable porción de cera, es gran pérdida de tiempo.

En “La Saucedá”, también se trabajó sobre “época y métodos de corte de la candelilla”. Según los datos que se tienen hasta ahora parece más práctico el método de corte en sentido longitudinal, dejando una parte de la planta (5 o 6 tallos), en el sitio para su regeneración posterior. Los cortes deben ser después del invierno y antes de las primeras lluvias (Maldonado, 2000).

Subproductos

En los campos candelilleros hemos podido observar que los residuos de la extracción de cera de la candelilla se utilizan como alimento para el ganado asnal. (Figura 3.16).

A este respecto, Martínez (1977) trabajó con los residuos de candelilla una vez que se le ha extraído la cera y llegó a las conclusiones siguientes:

1. Los residuos de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) son un alimento cuyo valor nutritivo está limitado por un alto contenido de fibra y un bajo contenido de nitrógeno.
2. El uso de concentrados a base de harinolina, olote, urea y sulfato de amonio o sorgo, urea y sulfato de amonio con 6.4 % de nitrógeno, cuando se suministran a niveles de hasta



Figura 3.17. El método de propagación por tallos fue el más efectivo para establecer plantaciones de candelilla. En este caso se trata de un eco-cultivo, donde el medio casi no sufre alteraciones "La Saucedá", Coah.

22.2 % de la ración total en dietas a base de residuos de candelilla, aumentaron:

- a) La digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y proteína cruda de la ración.
 - b) El consumo de materia seca, materia orgánica, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, digestibilidad de la materia orgánica, la digestibilidad de la proteína cruda total, el consumo de materia seca y materia orgánica de residuos de candelilla.
 - c) El balance de nitrógeno y la proteína retenida.
3. La harinolina puede ser sustituida con igual eficiencia por un concentrado a base de sorgo (87.04 %), urea (10.36 %) y sulfato de amonio (2.6 %) cuando se utiliza como suplemento de residuos de candelilla.

Perspectivas como nuevo cultivo

Aunque en muchas zonas el abuso de la explotación casi ha acabado las plantas de candelilla, todavía existen en el norte de México áreas muy grandes pobladas con las mismas, que no han sido explotadas por la distancia de los centros poblados y de las fuentes de agua, ya que el acarreo de las plantas a campamentos provistos de agua o viceversa, hace incosteable la explotación. Esto ha dado lugar que se realicen algunas investigaciones acerca de posibles prácticas agronómicas y culturales y un estudio comparativo entre las ceras producidas por las plantas silvestres y plantas cultivadas.

Se dice que nuestro país tiene las mejores áreas productoras de candelilla, ya que las condiciones ecológicas y edáficas son propicias para esta planta en una gran parte de las zonas áridas y semiáridas de México, lo cual puede facilitar el cultivo de dicha planta cambiando un poco o nada sus condiciones naturales.



Figura 3.18. Plantación de candelilla. Las plantas se propagan por medio de 5 y 10 tallos y una parte de rizoma. Distancias de 50 cm entre hileras y plantas. Área Experimental “La Ventana”, Coah.

La candelilla en sus condiciones naturales se reproduce por medio de semilla, aunque sería más eficiente el establecimiento de plantíos a base de tallos con rizoma seleccionados, por medio de reproducción vegetativa. Hasta ahora los escasos plantíos comerciales se han hecho trasplantando material silvestre y aunque se carece de información más detallada al respecto, parece que la propagación vegetativa ha sido la más acertada. Para lograr un enraizamiento rápido del material vegetativo se pueden utilizar estimulantes de naturaleza hormonal llamados enraizadores; aunque lo anterior se puede lograr con el solo hecho de que los tallos tengan nudos (rizomas), especialmente cuando ya se ha iniciado el brotamiento de raíces.

El cultivo de la candelilla es de especial interés para la utilización de las tierras improductivas, pudiéndose lograr esto si se establecen entre los campesinos de estas zonas y las instituciones de investigación y financiamiento, programas bien dirigidos y aplicados a las condiciones específicas de estos lugares. (Figuras 3.17 y 3.18).

Desde 2002, la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) apoya el establecimiento de plantaciones comerciales. Ha asignado recursos financieros en los años 2002-2008, en una superficie mayor de 27,000 ha. En el 2008, se estableció el mayor número de plantaciones forestales comerciales de candelilla en el país. En Coahuila se otorgaron autorizaciones para ese propósito en una superficie de 13,018 ha.

Adicionalmente, la CONAFOR ha realizado labores de reforestación en predios con aviso de aprovechamiento. Se han reforestado cerca de 34,000 ha, con alrededor de 42 millones de plantas (CONAFOR, 2009a).

Estas plantaciones darán sustentabilidad al recurso, lo cual es muy importante porque a nivel nacional, anualmente va aumentando la utilización de este producto, ya que se emplea en la fabricación de cosméticos, goma de mascar, abrillantadores, emulsiones para recubrir y

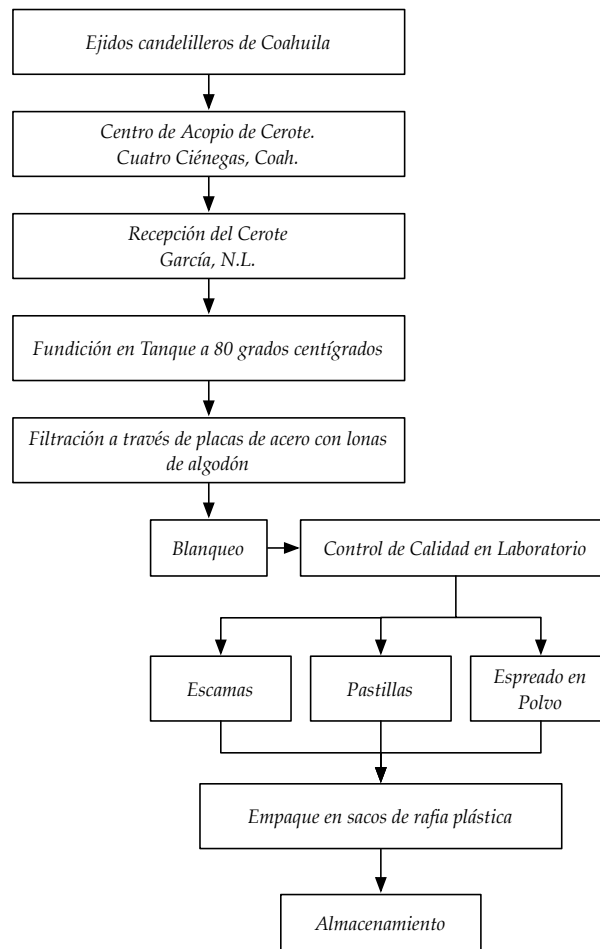


Figura 3.19. Diagrama de flujo en la refinación y producción de cera de candelilla de alta calidad. Multiceras, S.A. de C.V; García, N.L., 2010.

conservar algunas frutas y hortalizas, juguetes, ropa, etc. La utilización de esta cera puede ir aumentando conforme se vaya conociendo e investigando mas sobre su uso.

Tecnología actual de refinación

El cerote se sigue extrayendo de la manera tradicional en los ejidos candelilleros de Coahuila. En contraste, la tecnología para la refinación o purificación de la cera de candelilla, ha logrado paulatinamente cambios importantes de los 90 a la fecha. Prácticamente, todas las etapas del proceso industrial han sido modificadas en la industria privada.

En el 2010, se conoció de manera directa la tecnología que se aplica en la empresa MULTI-

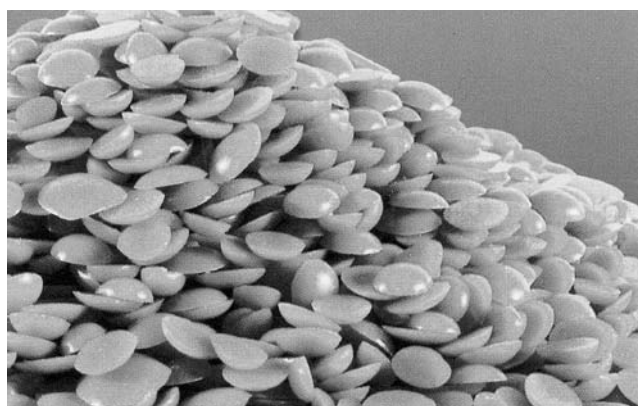


Figura 3.20. Moderna presentación comercial de la cera de candelilla para aplicaciones cosméticas (Cortés de Multiceras[®], García, N.L. 2010)

CERAS, S.A. de C.V. ubicada en García, N.L., para transformar el cerote en cera de alta calidad (Figura 3.19).

En el proceso, destaca la fundición del cerote en un tanque cilíndrico de acero a 80°C; luego, la filtración a través de placas de acero inoxidable intercaladas con lonas de algodón, donde se recircula la cera durante una hora. A continuación se hace el blanqueo, seguido por un control de calidad. Después, la cera se procesa en tres presentaciones comerciales: escamas, pastillas y polvo. Finalmente, se empaqueta en sacos de rafia plástica y se deposita en un almacén seco y fresco.

Por su tecnología avanzada, limpieza del proceso y calidad del producto, la empresa MULTICERAS obtuvo en el año 2000 la certificación ISO-9001, lo cual es una garantía del producto, tanto para consumo nacional como de exportación. Los principales países importadores de los productos que elabora, son actualmente: Estados Unidos de América, Japón, Alemania y Reino Unido.

Los beneficios sociales, económicos y ecológicos que brinda esta empresa a los ejidos candelilleros son: asistencia médica a ejidatarios, incentivos por la cantidad de cerote entregado y apoyo económico para plantaciones de candelilla (A. Domínguez, comunicación personal, 2010).

Entre las aplicaciones modernas se encuentran las siguientes:

Cosméticos (labiales). Su función es ajustar el punto de ablandamiento del producto ya que posee una capacidad alta de absorción de aceites, evitando la migración de estos, fenómeno mejor conocido como "sweating". (Figura 3.20).

Alimentos (emulsiones para frutos). Otorga brillo mejorando la apariencia del fruto. Imparte la propiedad de barrera contra la pérdida de humedad, permitiendo el intercambio de CO₂-O₂ alargando la vida de anaquel.

Industria Farmacéutica (píldoras). Se utiliza como pulimento para impartir brillo.

Pieles. Otorga brillo mejorando la apariencia de la piel. Imparte la propiedad de barrera contra la humedad, alargando la vida de la piel.

Tintas. Imparte una excelente barrera contra la humedad, y además mejora la capacidad de deslizamiento.

Goma Base. Otorga una capacidad mayor de retención de aceite, que reduce la pérdida de sabor del chicle.

Fundición de Precisión. Posee un adecuado coeficiente de expansión y contracción, que ayuda a reproducir con precisión hasta los más finos detalles.

3.1.2. Lechuguilla, *Agave lechuguilla* Torrey (Agavaceae)

Introducción

La importancia de las zonas áridas en el desarrollo del país radica en sustentar los recursos vegetales que se pueden aprovechar tanto en estas zonas como en las semiáridas, para mejorar los niveles de vida del sector rural que habita en esas regiones. A pesar de las características tan extremas del clima de estas zonas, se desarrollan bien especies vegetales nativas que si se dividen con fines utilitarios, quedarían agrupadas de la siguiente manera: plantas forrajeras, plantas industriales, plantas medicinales, plantas ornamentales y plantas forestales. Mediante obras que aprovechan los escurrimientos pluviales, los cuales constituyen un recurso básico en las zonas áridas y semiáridas pueden cultivarse tipos de plantas que se adapten a la ecología de estas regiones y así obtener mejor aprovechamiento de ellas. Pero no contando con estas obras, también pueden aprovecharse algunas plantas de estas zonas que crecen de manera silvestre, como la lechuguilla que a continuación analizamos.

Descripción botánica

La raíz es pivotante, no muy marcada, pues cuando se encuentra en estado adulto engrosa tendiendo a la forma cilíndrica, llegando a tomar una consistencia leñosa. De la raíz principal, se derivan raicillas que alcanzan diámetros de 3 a 4 cm y longitudes de 12 a 20 centímetros. El tallo es un órgano relativamente pequeño formado por un corto cuello constituido por las partes bajas de las hojas; por lo general es subterráneo y blanquecino. Las hojas están dispuestas en rosetas, marcadamente ascendentes, poco numerosas, de color verde claro o verde azulado con una faja pálida en la cara superior y líneas oscuras en el dorso, miden de 40 a 60 cm de largo por 3 a 4 de ancho. Tienen una espina terminal llamada mucrón, es acanalada, pardusca y aguda, mide de 4 a 5 cm de largo por unos 4 mm de ancho en su base. Presenta dientes terminales, reojos, triangulares que se desprenden con la edad; miden de 5 a 6 mm de largo, separados entre sí por unos 2.4 cm. La flor es trimera, amarillenta. Esta planta presenta un escapo floral o "quiate" de 1.5 a 2 metros de altura que sale del cogollo maduro; este "quiate" muestra en la parte basal una espiga de flores amarillentas. El fruto, es una cápsula (Figs. 3.21 y 3.22).



Figura 3.21. Matorral desértico rosetó lo (lechuguilla) asociada con *Larrea tridentata*, *Opuntia microdasys* y *Acacia constricta*. Cuencamé, Dgo.

Ecología

La lechuguilla pertenece a la vegetación xerófila, es una planta rústica que se acomoda y adapta fácilmente en terrenos muy secos y abruptos. Los suelos donde la planta se desarrolla con más vigor son los de climas templados y semidesérticos; generalmente crece mejor en aquellos café grisáceos (Haplárgidos, Aridisoles; Soil taxonomy, 1999); se extienden en climas áridos con vegetación de estepas rudimentarias, o sea más pobladas de pastos, con matorral desértico diseminado. Por lo general contienen poca materia orgánica, principalmente contienen calcio y yeso, llegando a formar calichales; también contienen sales de sodio (Fig. 3.21). La lechuguilla es una planta que resiste condiciones climáticas extremas, pues los lugares donde más abunda llegan a tener temperaturas mayores de 35°C y a veces menores de 8°C bajo cero. Por otro lado esta planta puede soportar inundaciones muy prolongadas sin que sufra daños lamentables. Así también soportan sequías hasta por varios años. La planta de lechuguilla prefiere vivir sobre las faldas de los cerros; generalmente se le encuentra viviendo con otras especies de vegetales que no tienen parecido o parentesco alguno, tales como la gobernadora, romerillo, mezquites y otras especies de plantas. Se ha encontrado que en una hectárea tipo y en condiciones silvestres pueden existir hasta unas once mil plantas, pero en promedio existen nueve mil plantas por hectárea, tomando en cuenta todos los tamaños de su ciclo vegetativo.



Figura 3.22. Espiga de lechuguilla mostrando la disposición característica de los frutos en desarrollo. Al madurar éstos son cápsulas tricarpelares de color obscuro.

Zonas de distribución y producción

La lechuguilla puede encontrarse en varios estados de la República y tener su respectivo uso, pero los estados donde se le encuentra en mayor cantidad y es explotada son: Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. Como se sabe, estos estados constantemente son afectados por la sequías que limitan las pocas posibilidades agrícolas y ganaderas que tienen, recurriendo así la gente al tallado de las hojas y extracción de la fibra para obtener de ella ciertos ingresos y poder subsistir en esos lugares. (Fig. 3.23).

La producción media anual de ixtle en los estados mencionados, era la siguiente: Coahuila 1.2 millones de kg; Nuevo León 1.3 millones de kg; San Luis Potosí 1.0 millones de kg; Tamaulipas 1.5 millones de kg. En conjunto suman un total de 5 millones de kg de ixtle, que representan un valor de 72 millones de pesos, de los cuales 3 millones de kg de este producto se destinan a la exportación, lo que produce ingresos al país por más de 60 millones de pesos al año. Los municipios que comprenden la zona ixtlera cubren una superficie de 11 020 000 ha, décima parte del territorio nacional, en donde viven más de un millón de habitantes, de los cuales 100 000 familias campesinas dependían de manera primordial su economía en la explotación del ixtle.

Cabe aclarar que esta economía no solo es producto de la extracción del ixtle de lechuguilla, sino además del ixtle de la palma samandoca o la candelilla. Pues si solo aprovecharan la lechuguilla, sus ingresos que ya son inferiores o pequeños, todavía serían algo menores y la gente difícilmente podría seguir subsistiendo en esos lugares. Un trabajador solamente alcanza a producir entre unos 20 a 40 kg a la semana y como al precio a que les paga el kg de ixtle por algunos acaparadores es alrededor de 5 pesos, los ingresos para ciertas personas serían muy



Figura 3.23. Tallado manual de la lechuguilla para obtener el ixtle, atrás algunos artículos elaborados con esta fibra. La Saucedá, Coah.

exiguos. Debe señalarse que el mayor volumen de ixtle era comprado por una empresa descentralizada "La Forestal" F.C.L. quien les pagaba \$14.35 el kg en los años 1980 y tenía instalaciones para la recepción en las regiones ixtleras.

Respecto al potencial productivo, en 1975 en el Campo Experimental Noria de Guadalupe Zac., se hizo un experimento con un ecosistema puro de *Agave lechuguilla* y con precio del kg de ixtle controlado y dio los resultados que aparecen en los Cuadros 3.5, 3.6 y 3.7.

Cuadro 3.5. Productividad y costo de cosecha en ecosistemas puros de *Agave lechuguilla*, Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Parámetros calculados	Valores
Peso Seco de la fibra de cada cogollo	9.2 g
Peso fresco medio por cogollo	195 g
Número de cogollos por metro cuadrado	6.8 cogollos/m ²
Kg/ha de fibra	625.6 kg/ha
Kg de cosecha por día	6 kg/día/persona
Kg de cosecha por hora	0.75
Precio por kg	\$9.00
Ingreso por día	\$40.20

Zamora, 1980.



Figura 3.24. Los fardos de lechuguilla procedentes de los ejidos son conservados en un almacén fresco antes de su procesamiento.

Cuadro 3.6. Densidad de *Agave lechuguilla* en diversos sitios.

Densidad planta: Repetición	Densidad (Ind/ha)
1	75,556
2	57,778
3	44,444
4	71,111
5	31,111
\bar{x}	56,000

Zamora, 1980.

Composición anatómica

La composición anatómica puede apreciarse en el Cuadro 3.7. Además el peso medio por planta es:

Fibra	10.39 g
Residuo de Cogollo	60.92 g

además el rendimiento medio por hectárea es:

Fibra	591.84 kg/ha
Residuo de Cogollo	3411.52 kg/ha



Figura 3.25. La fibra de lechuguilla pasa a una máquina que la acomoda preparándola para su clasificación.

Importancia económica

La lechuguilla en el país tiene importancia debido a que, como ya se mencionó, de la recolección y extracción de fibra de este vegetal que tiene lugar en asociaciones vegetales en las zonas áridas y semiáridas viven aproximadamente unas 100 000 familias (actualmente poco más de la mitad). De la planta se obtiene como producto industrializable el ixtle (Figuras 3.24, 3.25 y 3.26), también de ella se obtiene como producto secundario el amole o sea la raíz de la propia planta que al igual que el shishe, guische o desperdicio del tallo de las hojas son semi-industrializables, y sirven de materia prima para la fabricación de jabón. El ixtle por sus características naturales de flexibilidad y resistencia es industrializado en la tapicería, la cordelería, en la fabricación de cepillos para el lavado de la ropa. Otros usos que están en investigación son: la fabricación de telas a partir de él (estas investigaciones se llevan a cabo en Estados Unidos); su uso en artículos decorativos de fibra de vidrio combinada con plásticos, etc. Del amole y del shishe se hace extracción de saponina, sustancia útil en la fabricación de jabón, esto hace que con frecuencia en muchos hogares se vea a la gente lavar ropa, loza y utensilios de cocina y hacerse el aseo del pelo con amole bien seco, el shishe principalmente se usa en el lavado de loza. Conviene aclarar que la saponina sólo se usa en la fabricación de jabones o pastas limpiadoras, las cuales distan mucho de ser jabones de tocador o medicinales, debido a su acción fuertemente picante, pues produce en la piel una hinchazón seguida de intensa comezón. Damos a continuación la fórmula para la elaboración del llamado jabón de amole (a dos pastas), el



Figura 3.26. Clasi cación de bra Tampico para exportación.

cual de amole sólo tiene la esencia y cuyos ingredientes principales son:

- * 400 g de manteca (lavada) de cerdo.
- * 115 g de aceite de coco de primera
- * 110 g de aceite de higuera
- * 320 g de sosa de 36 grados (B)

Estos ingredientes se combinan adecuadamente formando una pasta, la otra pasta se forma con las cantidades e ingredientes siguientes:

- * 60 g de aceite de almendras dulces
- * 10 g de cera blanca
- * 6 g de esencia de geranio rosa
- * 6 g de esencia de begonia
- * 6 g de agua de esencia de amole.

Estas sustancias se mezclan al igual que las otras. Posteriormente se mezclan las dos pastas formando una nueva, el compuesto se pasa a la enfriadora de donde se saca después de algunas horas. A continuación, si así se desea se corta en partes. La saponina de esta planta tiene su principal uso en la fabricación de pastas limpiadoras, de las cuales se da una fórmula aproximada para su elaboración:

- * 750 g de arcilla

Cuadro 3.7. Componentes y residuos de *Agave lechuguilla*.

Fibra	Componentes	Residuos de Cogollo	Total
1	4.35	34.35	
2	14.23	49.85	
3	11.20	67.60	
4	8.31	41.50	
5	13.86	111.29	
	51.95	304.59	356.54
	14.57 %	83.43 %	

Zamora, 1980.

- * 80 g de carbonato de sodio calcinado
- * 60 g de saponina
- * 170 g de agua que lleve disuelto algo de gelatina.

Después de obtenida la pasta se moldea en barras o en pastillas para su uso. Para evitar la rápida desintegración de la pasta durante su uso, conviene incorporar en las pastas limpiadoras una parte proporcional a su peso de vaselina o para na.

Aprovechamiento, beneficio y comercialización actual de fibra de lechuguilla

La industria de la bra o ixtle de lechuguilla ha tenido varios cambios, especialmente en su comercialización. La empresa que durante más de cinco décadas tuvo a su cargo la recopilación, beneficio, comercialización y exportación de este producto fué la Unidad Fabril Lázaro Cárdenas, que dependía de La Forestal F.C.L (Federación de Cooperativas Limitadas) empresa descentralizada, dependiente del gobierno federal y ubicada en Saltillo, Coah. Esta suspendió sus operaciones en 1995, luego de algunos problemas, pero principalmente como parte del programa de privatización del mismo gobierno.

A partir de entonces fué sustituida por varias empresas, una de ellas Fibras Saltillo S.A. que se estableció en 1996 en Saltillo, Coah. y ha estado trabajando con algunas modificaciones en el proceso industrial, dando continuidad al aprovechamiento del ixtle para beneficio de 52,000 familias de campesinos del norte de México, especialmente de Coahuila y Zacatecas. Recordemos que los productos con mayor participación de mano de obra campesina son la bra de lechuguilla y el cerote de candelilla.

Los estados productores, cantidad y valor de la bra de lechuguilla producida en México durante el periodo 1998-2007, se indican en el Cuadro 3.8 y Figura 3.27.

El proceso de producción en campo es el tradicional tallado a mano o con máquinas eléctricas, de acuerdo a lo antes descrito. Las industrias actuales que procesan esta bra (2010) son las siguientes:

Cuadro 3.8. Producción y valor económico de lechuguilla en México, 1998-2007.

Año	Estado	Cantidad (ton)	Valor (\$)
1998	Coahuila	293	644,666.00
	Nuevo León	2146	16,095,000.00
	Tamaulipas	1179	4,303,350.00
1999	Coahuila	223	557,500.00
	Tamaulipas	615	6,150,000.00
2000	Coahuila	103	411,708.00
	Nuevo León	201	2,514,150.00
	Tamaulipas	150	1,796,064.00
2001	Coahuila	7	13,400.00
	Tamaulipas	834	11,669,126.00
2002	Coahuila	111	884,880.00
	Nuevo León	366	4,391,832.00
	Tamaulipas	658	9,217,432.00
2003	Coahuila	214	2,139,300.00
	Nuevo León	461	5,529,600.00
	Tamaulipas	763	10,684,492.00
2004	Coahuila	92	850,548.00
	Durango	110	1,102,400.00
	Nuevo León	385	5,007,626.00
	Tamaulipas	308	4,309,200.00
2005	Durango	669	5,348,160.00
	Nuevo León	1170	15,212,288.00
	Zacatecas	100	300,000.00
	San Luis Potosí	3	44,317.00
2006	Nuevo León	273	3,549,000.00
	Tamaulipas	851	10,207,200.00
	Zacatecas	100	300,000.00
2007	Nuevo León	3986	8,071,000.00
	Tamaulipas	943	11,317,200.00
Total		17,314	142,621,439.00

Fuente: SEMARNAT, 2009. Anuarios de la Producción Forestal. México.

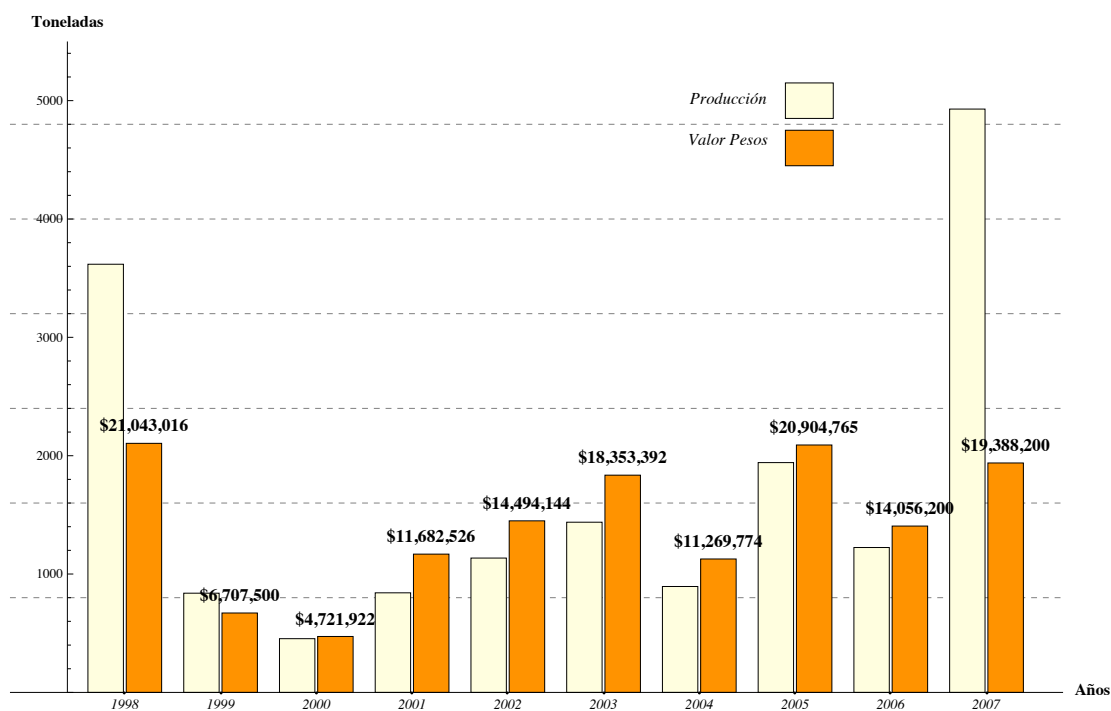


Figura 3.27. Producción y valor económico de bra de lechuguilla, 1998-2007.

Fibras Desérticas Mexicanas, ubicada en Gral. Cepeda, Coah. Se dedica a la producción de bra de lechuguilla en tonos natural, negro, blanqueado y mezclado, como el cliente la necesite; ofrecen bras para cepillos y brochas.

Compañía Mexicana del Desierto de Matehuala, S.L.P. que procesa ixtle de lechuguilla para fabricación de cepillos e hilados.

En 1993 se produjeron 1,062 toneladas que representaron el 20 % del potencial. Actualmente en el 2010, el potencial aproximado de producción de este ixtle es de 5,000 toneladas anuales.

3.1.3. Maguey pulquero, *Agave salmiana* Otto ex Salm. (Agavaceae)

Introducción

El maguey productor de pulque se desarrolla en casi toda la Altiplanicie, incluyendo regiones áridas y semiáridas en los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Querétaro, San Luis Potosí y otros. Presentan numerosas especies, siendo las principales, *A. salmiana*, *A. americana*, *A. mapisaga*, etc. las que a la vez presentan gran número de variedades o tipos ampliamente cultivados.



Figura 3.28. Plantación de maguey en una región semiárida del Estado de Hidalgo. Destaca la morfología, característica de la planta; las hojas son suculentas, de gran tamaño y grosor.

Descripción de la planta

La planta de maguey, por la posición de sus órganos tiene la forma de un cono truncado invertido. Su raíz es gruesa, fibrosa, muy desarrollada, mide de 40-45 cm de diámetro y longitud de 50 cm, de ella brotan numerosas raíces cilíndricas que fijan fuertemente la planta al suelo, el color es blanco amarillento cuando está fresca y rojo oscuro cuando está expuesta a la intemperie, es muy carnosa y almacena en su interior un jugo amiláceo sacarino. Las raicillas que emite presentan la particularidad de aglomerarse en la parte superior formando nudos. (Gentry, 1982).

El tallo es un rizoma, es una prolongación de la raíz, su estructura y disposición de las capas es igual que la de raíz, diferenciándose solamente por su mayor consistencia y color, de él brotan las verdaderas raíces que dan más arraigo a la planta y se insertan las hojas; su altura es de 50 cm más o menos y su diámetro es de 40-45 cm.

Las hojas son llamadas vulgarmente "pencas", son simples, verticiladas, sentadas y dispuestas en espiral continua, insertadas en forma de cuña, son gruesas y de un ancho que varía de 25 a 40 cm adelgazándose hacia el extremo hasta terminar en una espina morado-oscuro de 10 a 20 cm de largo. Su longitud varía desde 2 hasta 4 m, según su proximidad al centro de la cepa, su posición en el tallo es casi horizontal, las pencas exteriores, inclinadas las medias y herméticamente unidas las centrales. (Fig. 3.28).

El maguey emite del centro del rizoma (meyolote), al cabo de 10 o 12 años, el tallo principal que se desarrolla rápidamente alcanzando una altura hasta de 12 m en 5 o 6 semanas y un diámetro de 15 a 20 cm en su base, adelgazándose para tomar una forma "levemente cónica; es de color amarillento o ligeramente verdoso. Terminando el crecimiento de este órgano, brotan de su porción terminal 6 o 7 tallos secundarios de 1 m de largo más o menos, de los que a su vez brotan pequeños tallitos de 3er. orden, delgados, cortos, iguales, inclinados, verdes, donde se desarrollan las flores de color amarillo-verdoso, formando una inflorescencia en corimbo. (Fig. 3.29).



Figura 3.29. El escapo floral o "quiote" del magüey crece en forma de un gran corimbo. Su precioso y atractivo color amarillo destaca en el campo, en las regiones áridas y semiáridas de México. Crece sólo cuando un magüey se "salta" (no se capa) Ejido La Nopalera, Hgo.

La flor es de 10 a 12 cm de largo, incompleta, hermafrodita, de perigonio simple, tubular, perfecto, quinqué folio, adherente y gamosépalo, la corola consta de 5 o 6 pétalos triangulares de color amarillento, matizados de rojo púrpura o rojo morado, los órganos masculinos están formados por estambres, pistilo, antera y polen, los estambres son en número de 6 opuestos, erguidos, de 6 a 7 cm de largo sobresaliendo de la corola, terminando en una prolongación filiforme; El órgano femenino formado por ovario, estilo y estigma, constituye un solo carpelo; el ovario es de 20 a 34 mm de largo, trilobular, en las cavidades, se encuentran los óvulos dispuestos en hileras longitudinales.

Los frutos son cápsulas secas, dehiscentes, de forma triangular compuestas de 3 celdas. Las semillas están integradas por una capa coriácea de color negruzco, son triangulares y planas; el endospermo es interno. (Figs. 3.30, 3.31).

El magüey presenta la particularidad de dar nacimiento a retoños o hijuelos, que nacen de las yemas axilares de las hojas inferiores alrededor del tallo.

Existen numerosas especies de magüey pero se consideran como productoras de pulque a las siguientes: *A. salmiana*, *A. americana* y *A. mapisaga*, siendo muy afines y semejantes entre sí. *Agave salmiana* tiene 2 tipos principales: salmiana verde y salmiana blanca.

Localización de los plantíos. La distribución geográfica del magüey se localiza en la Altiplanicie, en una extensión que abarca cerca del 50 % de los estados de Hidalgo y Tlaxcala y porciones



Figura 3.30. Cápsulas tricarpelares del maguey mostrando el acomodo de las semillas en forma de "monedas apiladas".

de importancia en los estados de México y Puebla y en menor escala se le encuentra en Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Oaxaca.

La principal zona donde se cultiva maguey, *A. salmiana*, es la de los llanos de Apan, en ella se encuentra el mayor número de plantas y por lo tanto es la que produce la mayor cantidad de pulque. Esta región ocupa parte del estado de Hidalgo, estando constituida típicamente por llanuras y lomeríos, de escasa precipitación pluvial y con una capa arable poco profunda que agroeconómicamente se destina al cultivo y explotación del maguey, por lo que un elevado porcentaje de su población deriva sus mayores ingresos de esta planta.

Clima. Se localiza principalmente en lugares cuya altura sobre el nivel del mar oscila entre 1500 y 2600 msnn, con precipitación pluvial de 200-500 mm al año, con temperaturas promedio de 22 a 15°C (Climas BS, BW y C). La planta es resistente a las heladas, pero fríos muy prolongados son perjudiciales. Se le encuentran también en lugares cuya altura es menor, pero la calidad de su producto disminuye.

Suelo. Los suelos que requiere esta planta para su cultivo deben ser óxicos, secos, aunque no en exceso, con buen drenaje, de preferencia en declive, calcáreos, no muy arcillosos, delgados que presenten tobas feldespáticas o calcáreo-arcillosas.

Los terrenos de las zonas típicas de este cultivo están formados por una capa arable delgada bajo la que existe otra capa impermeable de tepetate. Los magueyes se desarrollan bien y producen abundante aguamiel en terrenos planos con suficiente materia orgánica.

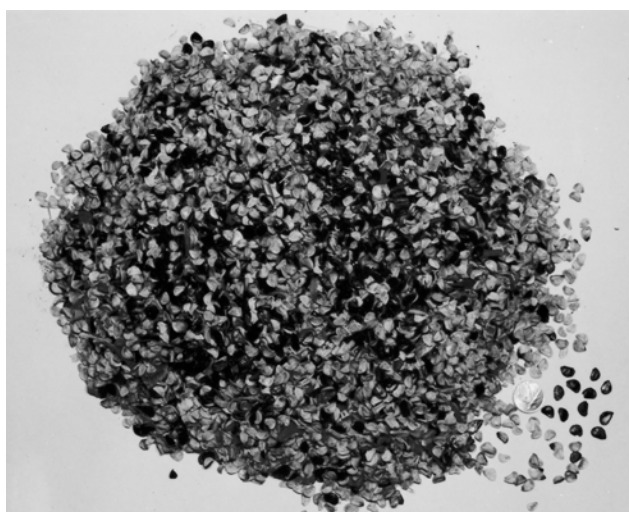


Figura 3.31. Las semillas del maguey son negruzcas, aplanadas y con testa brillante. Se notan también algunas semillas vanas de color claro.

Propagación. El maguey puede ser propagado de dos modos diferentes: por semilla, y por hijuelos. Las semillas se producen en los frutos; los hijuelos nacen en las axilas de las hojas o pencas de la base, los que al desarrollarse dan lugar a magueyes (mecuates) que convenientemente tratados, como se explicará más adelante servirán para formar nuevas plantaciones.

La propagación por medio de semillas, no es aconsejable, más que para rejuvenecer o vigorizar las plantaciones, en caso de que hayan degenerado o bien para obtener variedades nuevas.

La siembra se hace de la forma siguiente: se preparan terrenos en camellones de 10 m de largo por 1 m de ancho, en los que caben unas 2 000 plantas, se abona con estiércol y se rastrea bien. Antes de sembrar se remoja la semilla durante 2 horas y se cubren con una capa de un centímetro de tierra; una vez sembrada se cubre con marcos de tela restirada y sobre ella se riega con regadera, a los pocos días germina la semilla y se le levanta la capa de suelo a 15 cm, pasados 15 días se quitan las plantas del almácigo para ponerlas al sol y se meten durante la noche para preservarlas del frío o se pueden proteger en túneles de plástico. Cuando las plantas sean lo suficiente robustas, de 9 a 10 cm de altura, se retiran de ahí y se trasplantan en otros camellones iguales a los anteriores, a continuación se plantan a 25 cm x 25 cm en los meses de abril a junio, procurando tener el terreno libre de hierbas (malezas). El segundo trasplante se hace cuando las plantas alcanzan 20 cm de altura. Se prepara el terreno igual a los anteriores y se trazan surcos a una distancia de 80 cm a 1 m.

La propagación por hijuelos es el método más usado en todas las regiones pulqueras del país, pudiendo decirse que es el único que se usa para la formación de nuevas plantaciones. Este método de propagación asexual consta de las siguientes operaciones:

1. Selección y preparación de los hijuelos

2. Preparación de los almácigos
3. Plantación de almácigos
4. Trasplante o plantación definitiva
5. Abono y fertilización
6. Capazón.
7. Picazón
8. Raspa y cosecha.

Selección y preparación de los hijuelos.

Los hijuelos para el almácigo se escogen entre los más vigorosos, se arrancan con mucho cuidado procurando no maltratar las raíces, cuando tengan sus pencas, la operación se hará en los meses de febrero a marzo. Una vez arrancados los hijuelos se procederá a prepararlos limpiándolos bien, luego se corta el rizoma principal un poco más abajo de la inserción de las pencas de la base. Las pencas viejas se eliminan para aumentar la superficie lateral del rizoma. Así preparados los hijuelos se les deja expuestos al sol, para que pierdan el exceso de agua que contengan, cicatricen las heridas y no se pudran las raíces al ser plantadas; esta operación debe durar unos 5 meses de modo que al empezar las lluvias se proceda a la plantación, en almácigos a distancias de 1.2 m.

Trasplante. El trasplante se efectuara a los 3 o 4 años según el desarrollo alcanzado, generalmente se hace cuando la planta ha llegado a una altura de 90 cm a 1.2 m, "maguey vara metro". Para la plantación se preparan los hijuelos iguales a los que se plantan en almácigo. El arranque de las plantas de almácigo se hace durante febrero y marzo para efectuar la plantación en junio y julio. Las distancias de plantación son de 8 a 10 m entre hileras y de 4 m entre plantas. En caso de hacer cultivos intermedios se recomienda doblar esta distancia. Terminada esta labor se dejan las plantas que se desarrollen y a los 4 o 5 años se podan las hojas de la base y la punta del meyolote así continuamente hasta tener de 10 a 14 años según la variedad, cuidados de la planta y condiciones de suelo y clima.

Métodos de plantación. El método de plantación empleado varía con la profundidad del suelo y la pendiente del terreno. Si el terreno es plano y con ligera pendiente el mejor sistema es el de bordos, con objeto de asegurar el fácil desagüe en épocas de lluvias, dichos bordos se harán a distancias de 8 mts. disponiéndose las plantas al tresbolillo. Si el terreno tiene fuerte pendiente y el suelo es litosol se sigue el sistema llamado de nido de liebre, que consiste en hacer pequeños bordos en forma de media luna, con cavidad hacia la parte alta, disponiéndose también en tresbolillo, sin embargo, para esta clase de terrenos inclinados, el método mas racional será hacer los bordos siguiendo curvas de nivel, dado que así se evita el arrastre del suelo, ya que las plantas sirven a manera de muro de retención del agua que arrastra la tierra de las partes altas, que cuando no se tienen cuidados puede llegar a dejar los suelos erosionados e inservibles.

Abono y fertilización.

Se ha llegado a la conclusión según ensayo y práctica que requiere de los siguientes: estiércol consumido, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de amonio, superfosfato (hasta 40 kg/ha), empleándose también cenizas de maguey y cal hidratada.

Recientemente, se ha recomendado el abonado cada 4 o 5 años con estiércol de vacuno o caprino bien descompuesto. Se aplica de diciembre a marzo, en cantidades de 4 a 6 kg/planta, distribuido alrededor de la misma, mezclados con los primeros 20 cm de suelo (SAGARPA, 2009).

Capazón

Operación que consiste en la extracción, del órgano central de la cepa, que más tarde daría origen al tallo oral de la planta, el cual al desarrollarse consumiría los jugos amiláceo-sacarino, que forman el aguamiel. La capazón se efectúa cuando la planta está a punto de producir el escapo oral de los 10 a los 14 años más o menos. El maguey presenta las siguientes características cuando esta bueno para la capazón. Las pencas superiores están abiertas, el meyolote adelgaza, su espina terminal se torna negra y pequeña y finalmente las espinas laterales de la base de las pencas exteriores desaparecen. Existen 3 métodos de capazón: el de deshoje y quebrador de madera, el de cuchillo y el de Cholula.

Capazón de deshoje y quebrador de madera. Es el método más comúnmente usado en el estado de Hidalgo, especialmente en los llanos de Apan. Se realiza del siguiente modo: el capador busca el lado más accesible, quitando las espinas laterales de las pencas que estorban, corta a continuación la penca central para llegar al meyolote, el cual procede a deshojar jalando las pencas que lo forman, por las espinas terminales. Luego de quitar las pencas con el quebrador de madera, llega hasta la jícama para destruir la yema embrional; finalmente cubre la herida con los pedazos de la base del meyolote. Al capar un maguey se debe tener cuidado de que esté en su punto, es decir, que el meyolote no este engrosado, pues en este caso la jícama no ha llegado a su completo desarrollo. Si se hace la cosecha prematura, la producción será muy raquílica y su período productivo tendrá menor duración. También debe evitarse capar un maguey saltado o sea aquel que ya ha pasado su tiempo para la capazón por haber emitido el “quiote”.

Capazón con cuchillo. Se hace cortando el meyolote con cuchillo, casi sin deshojarlo, siendo las demás operaciones iguales al método anterior.

Sistema de Cholula. Consiste en hacer un agujero de sección triangular después de cortar el maguey en la base del meyolote, hasta llegar a destruir la yema germinal. Presenta las ventajas de que sean más hojas para la producción y las heridas quedan cubiertas de lluvias y polvo, pero la picazón se disminuye más.

Terminada la capazón se deja crecer el maguey para proceder a la siguiente operación que es la picazón; en terrenos buenos y con magueyes bien desarrollados se pueden dejar orear hasta 12 meses y en tierras malas y magueyes pequeños solamente alrededor de 6 meses. La práctica

ha enseñado que un maguey muy oreado, o sea viejo de la capazón, produce un aguamiel de mejor calidad, pero con bajo rendimiento.

Picazón

Después de oreado el maguey durante 6 ó 12 meses según sea el caso, se procede a picarlo, lo que se lleva a cabo con una barreta de hierro que lleva en uno de sus extremos una pala a laada, con esta barreta se cortan las pencas del meyolote que se habían dejado y se pica suavemente el fondo del cajete hasta llegar a la j'cama (metza) sin embargo, es preferible picar y después emplear una máquina que perfora en forma de taladro. Una vez hecho el agujero se cubre con una tapa ya sea rústica (piedra, penca) o bien tapas de plástico o barro. En un experimento realizado con tapas de barro y piedra se mostró que la tapa de barro es más eficiente: el maguey tapado con piedra produjo 160 l en 4 meses y el tapado con tapa de barro produjo 240 l en el mismo tiempo.

Raspa y cosecha

Una vez preparado el maguey como se ha dicho, se cubre con recortes de j'cama y se tapa. Al cabo de 10 a 12 días la superficie de la parte cortada toma un color rojo-oscuro, que indica que es momento de empezar la raspa.

Esta operación consiste en recortar en láminas más o menos delgadas las superficies interiores del cajete de donde emana el aguamiel, se hace la raspa con un cuchara metálica, especial muy a laada llamada "ocoxtle" o raspador, de los que hay 3 formas: atecomatados, cruzados atecomatados y triangulares. (Fig. 3.32).

Es de suma importancia saber raspar bien los magueyes, lo que se consigue con las siguientes indicaciones: raspar atecomatado siempre y orillando perfectamente, pues cuando no se raspa la orilla de la j'cama, el aguamiel se queda en las pencas las cuales permanecen erguidas, y disminuye el rendimiento, en cambio si se orilla demasiado las pencas caen aún llenas y con el mismo resultado. No conviene raspar láminas muy gruesas o muy delgadas pues en ambos casos el rendimiento disminuye. La práctica ha señalado que la raspa debe hacerse delgada en tiempo de frío y gruesa en tiempo de calor, de este modo se irá raspando toda la j'cama hasta llegar al mezontete lo que se conoce porque se corta un lamento que envuelve exteriormente a la j'cama en forma de red.

Cuando se efectúa la raspa en las condiciones anotadas, los magueyes duran en producción de 3 a 4 meses. La recolección de aguamiel se hace durante 2 veces al día, en la mañana y en la tarde. Con un dispositivo llamado "guaje", que es hueco para que se pueda succionar el líquido con la boca ascendiendo por diferencia de presiones; luego el "tlachiquero", alza el guaje, tapa el agujero y vacía el aguamiel en algún recipiente que este empleando para este fin, el cual puede ser de madera o de plástico (Figs. 3.32 y 3.33).

Rendimiento. Este depende de la variedad o tipo de maguey, los cuidados de la planta, la



Figura 3.32. Tlachiquero con los instrumentos típicos para la explotación del maguey acocote y “guaje” (de gran tamaño) y raspador.

forma en que se ha realizado la práctica, la estación en que se efectúa la cosecha, el clima y la clase de terreno donde se localice el plantío. En condiciones óptimas, según experiencias llevadas a cabo en la hacienda de la Tepa, Hidalgo se han dado de 300 a 400 l de aguamiel por planta en cuatro meses de cosecha.

Plagas y enfermedades

Geomys sp. Tuza. Roedor que ataca a la raíz; se controla poniendo en el terreno papas cocidas con arsénico ó bien trampas (este método tiene el inconveniente de que puede alterar algunos colaboradores de las cadenas alimenticias y aún afectar al hombre).

Teria agavis. Lepidóptero diurno de 4 cm de largo por 2 cm de diámetro, tiene cuerpo cubierto de vello no, con manchas negras y blancas cuatro alas cubiertas también de un vello no, siendo más angostas las alas superiores que las inferiores. Este insecto deposita sus huevecillos en las pencas del maguey en los meses de noviembre y diciembre, apareciendo las larvas en enero y febrero, que perforan a las pencas y penetran en ellas, permaneciendo ahí durante 4 o 5 meses haciendo galerías de varios centímetros de largo en forma de red lo cual seca las hojas, en septiembre las orugas se convierten en mariposas. Cuando está en estado de larva es muy apetecido como alimento y se le llama comúnmente gusano blanco del maguey. Respecto a este gusano, el Patronato del Maguey estuvo realizando experimentos con miras a su propagación controlada. Este aspecto tiene gran interés económico por el alto valor que tienen esos gusanos en el mercado.

Bombix agavis. Lepidóptero nocturno mas pequeño que *Teria* cuyas dimensiones son de 35 mm de largo por 4 de diámetro, de color pardo claro cuando joven y pardo en el adulto. Viven



Figura 3.33. El aguamiel es depositado en una castaña (barrica de forma oval), de madera para el transporte al "tinacal". Santiago Tlapacoya, Hgo.

en las raíces cuando es adulto durante 5 meses; ocasiona su endurecimiento y la torna de color rojo. En el invierno abandona las raíces y pasa al suelo, se transforma en crisálida y luego en mariposa su larva es el gusano rosado del maguey; como el anterior también es muy apetecido como alimento. Este insecto tiene su mayor enemigo en el *Phaenox arvicoma*, que se presenta durante su desarrollo atacándolo sin perjudicar al maguey.

Crysomphalus agavis o "piojo" del maguey, vive y ataca a las pencas es muy semejante al *Sphenophorus spinolae* o "pinacate", del maguey, ambos insectos se combaten regando sobre las hojas polvo de azúcar gel o lechada de cal; la planta atacada por ellos generalmente muere.

Velia agavis. Es un hémiptero de 20 mm de largo por 3 de diámetro, de cuerpo negro y rojo con alas pardas. Se alimenta en el aguamiel lo cual puede evitarse tapando los magueyes en producción.

Podredumbre del maguey. Enfermedad producida por un hongo que ataca generalmente a las plantas en los almácigos o a las plantas recién trasplantadas. Ataca a toda la planta empezando por la parte superior del meyolote, se presenta como manchas morenas, desorganiza el tejido parenquimatoso que se convierte en una masa pastosa; invade a las plantas de afuera hacia adentro. Es muy peligroso porque no se puede combatir; cuando invade plantaciones lo recomendable es quemarlas.

Productos principales

Aguamiel. Es un líquido amiláceo-sacarino, de color blanquecino turbio, ligeramente espeso, con olor a maguey, de sabor dulce, agradable y fresco, fermenta a las 6 o 7 horas de cosechado. Un análisis bromatológico bacteriológico ha revelado la presencia de numerosas y diferentes especies de levaduras y bacterias (Fig. 3.34).

Pulque. Es una bebida alcohólica de sabor ácido, viscosa y transparente de color blanquecino, con abundante anhídrido carbónico entre sus moléculas.



Figura 3.34. En la población de Santa María Tecajete, Hgo., existe una agroindustria que recibe el aguamiel que se produce en la región. Ahí se fermenta transformándolo en pulque; posteriormente se pasteuriza y enlata.

Análisis Bacteriológico

Se han encontrado de 200 000 a 400 000 levaduras por mm^3 y de 100 000 a 200 000 bacterias en igual volumen.

Cualidades del pulque

El pulque es una bebida higiénica, adecuada a la alimentación con notables virtudes nutritivas y medicinales. Así pues, tomado en estado de pureza y con moderación, el pulque es una bebida saludable, nutritiva, tónica, conteniendo sales que pueden curar algunas enfermedades, y ácidos carbónico y láctico que determinan efectos favorables a la digestión (Fig. 3.35).

El valor plástico del pulque quedó demostrado al encontrarse en su análisis químico aminoácidos libres, sobre todo triptófano y tirosina; si a esto agregamos, que por tratarse de una bebida de fermentación, conserva de 25 000 a 30 000 unidades por litro de vitamina B, la cual promueve el funcionamiento normal de los nervios; ayuda a la digestión y a la asimilación. También

Cuadro 3.9. Análisis químico de pulque producido en la región de los Llanos de Apan, Hidalgo.

Agua	94.0000 %
Sales minerales	0.3200 %
Nitrógeno proteínico	0.0279 %
Prótidos totales	0.1740 %
Nitrógeno de aminoácidos	0.1120 %
Glúcidos	0.5000 %
Alcohol etílico	3.6800 %
Nitrógeno de aminoácidos fenólicos	0.0180 %
Gomas y materiales resinosos	0.9100 %
Vitamina C	6.5 unidades por c.c.
Vitamina B	25 a 30 unidades por c.c.

Fuente: Patronato del Maguey.

contiene alrededor de 6 500 unidades de vitamina C en el mismo volumen, equivalentes a 325 mg de ácido ascórbico que aumenta la resistencia a las infecciones del organismo humano.

En casi todos los casos de gastralgias se han obtenido buenos resultados con el pulque. En casos en que el estómago y el hígado no tiene funcionamiento normal, el uso del pulque ha restablecido dicho funcionamiento. Para enfermedades infecciosas del sistema gastro-intestinal con pulque se obtienen efectos notables.

Algunos médicos han dicho que ciertos estados dependientes de la tuberculosis y la diabetes se han modificado favorablemente con el uso del pulque. En la convalecencia de todas las enfermedades es recomendable el uso moderado. El alcohol contenido en vez de hacer daño produce una tonificación ligera de los sistemas nerviosos y digestivo, calmando además irritaciones por alimentos muy condimentados o picantes.

Otros productos que pueden obtenerse del maguey

Fibra. Es muy raquítica su producción pero se usa para fines domésticos o comercio regional.

Saponinas. Sustancias de origen vegetal análogas al jabón y se caracterizan por producir una espuma abundante y persistente, cuando sus soluciones acuosas se agitan. Se encuentra en todos los órganos pero se concentra en raíz y pencas. Se usa para el lavado de tejidos de lana y algodón.

Celulosa. Puede ser obtenida pero no es conveniente porque su calidad es baja por la presencia de cristales de oxalato de calcio en el tejido parenquimatoso.

Alcohol. Se obtiene de pulques ácidos que no son aptos para el consumo, pues ya han pasado de la fermentación ácida a la acética, consiste en la simple destilación con un destilador. Puede obtenerse un alcohol tan bueno como el de caña de 96°G.L.

Vinagre. Se obtiene vinagre de primera calidad con un 21 a 22 % de ácido acético y resulta más conveniente para el consumo que otros vinagres.

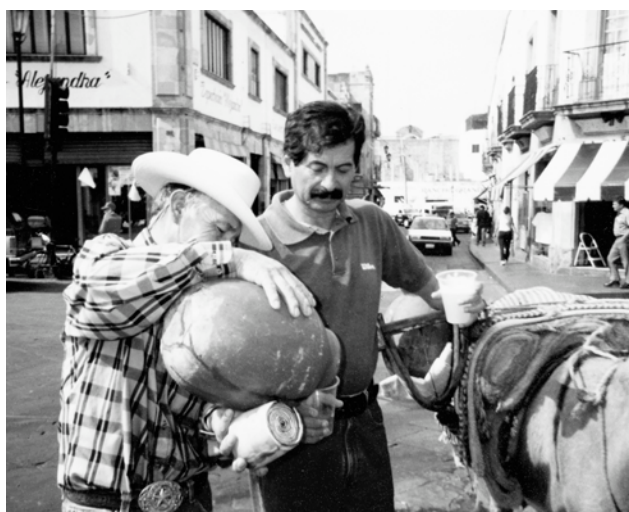


Figura 3.35. Cuando se fermenta en condiciones higiénicas, el aguamiel se transforma en un sabroso pulque. Degustando el producto en Zacatecas, Zac.

Mieles y jarabes. Su fabricación consiste en la concentración de aguamiel mediante calentamiento, clarificación de este concentrado, filtración del producto y esterilización.

Goma. Esta es separada en la fabricación de jarabes clarificados. La goma es capaz de sustituir a la goma arábiga en el engomado de tejidos, por ser de composición química muy análoga, puede usarse también como pegamento, siendo mejor que la dextrina y engomados a base de almidón.

Pan de pulque. Desde hace muchos años la fabricación de pan de pulque ha constituido una industria importante en la ciudad de Saltillo, Coah. Básicamente el producto que se utiliza es un extracto de levaduras de pulque. Los detalles del proceso industrial no se conocen. Se ha observado sin embargo, que este producto tiene mayor demanda por parte del turismo nacional que visita dicha ciudad.

Hormonas. Actualmente se contempla la posibilidad de sintetizar hormonas de tipo esterooidal a partir de extractos de esta planta ricos en saponinas, que son esteroides y triterpenos cercanamente emparentados (moléculas orgánicas moderadamente complejas con 17-30 átomos de carbono), como comenta Nobel (2010), serían una fuente natural y barata de hormonas para diferentes usos en medicina.

Perspectivas actuales del maguey pulquero

En los años 70 y 80, el maguey pulquero era todavía un cultivo importante, pues la superficie cultivada en varios estados del país sumaba alrededor de 25,000 ha (Cuadro 3.10). Pero debido al incremento en el consumo de otras bebidas como refrescos y cervezas, la demanda del pulque ha ido disminuyendo. Actualmente, la superficie cultivada es poco más de 7,000

ha en los mismos estados del Cuadro antes citado y además Coahuila, Tlaxcala y Tamaulipas. Incluyendo magueyes de distintas edades, ya sea en plantaciones o dispersos.

Cuadro 3.10. Datos estadísticos del maguey productor de aguamiel en los principales estados productores (1975).

Estados	Plantaciones		Dispersos		Cosecha	Superficie
	Total	En producción	Total	En producción	Cosecha (l)	ha
Hidalgo	9,962,318	871,896	4,563,497	308,677	146,221,311	15,952.5
México	3,335,375	219,207	3,504,838	297,056	60,072,043	6,049.6
Oaxaca	948,017	142,075	136,453	31,020	173,095	610.8
Querétaro	700,588	16,772	283,770	23,391	4,146,088	1265.5
Puebla	601,404	46,631	1,714,732	95,818	16,071,272	1145.0
Durango	14,292	5,263	25,037	8,371	1,228,460	30.0

El maguey pulquero está entre los principales cultivos perennes del estado de Hidalgo, que incluyen alfalfa verde y pastos. La ventaja en relación con estos es que no requiere riego. Los principales indicadores acerca de la importancia de este cultivo en años recientes para el estado de Hidalgo, se incluyen en el Cuadro 3.11.

Cuadro 3.11. Cultivo de maguey pulquero *Agave salmiana*. Principales indicadores para el estado de Hidalgo, 2007-2009.

Maguey pulquero	2007	2008	2009
Superficie cosechada (ha)	1,641.5	1,548.8	1,520.9
Rendimiento (ton/ha)	126.1	126.3	115.0
Producción (miles de l)	207,026.0	195,591.7	174,915.0
Precio productor	2,557.0	2,704.1	2,704.2
Valor de la producción (millones de pesos)	529.4	528.9	473.0

Fuente: SAGARPA, 2009.

Actualmente, como en 1975, el estado de Hidalgo ocupa el primer lugar nacional en cultivo de maguey pulquero, con 47% de la superficie plantada y 79% de la producción nacional de aguamiel y pulque (SAGARPA, 2009).

Con respecto a la tecnología de producción es importante destacar que en el 2010, el INIFAP impartió un taller de capacitación sobre el manejo tecnológico y aprovechamiento integral del maguey pulquero en Hidalgo.

En años recientes, productores de varias regiones en los Estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Estado de México han establecido nuevas plantacio-

nes, lo cual contribuirá a revitalizar su producción.

Así por ejemplo, en Coahuila los gobiernos federal y estatal están desarrollando (2009) programas para el establecimiento de plantaciones y producción de aguamiel. Este producto se vende actualmente en envases de plástico de 2 litros a \$25.00. Algunos productores elaboran un tipo de “pan ranchero” de agradable sabor, mientras que en Saltillo y Ramos Arizpe está en auge la producción y venta de pan de pulque en diferentes presentaciones comerciales. Este pan no se elabora propiamente con pulque, sino con la levadura o sedimento del pulque que se deposita en el fondo de los recipientes donde se conserva este producto. Esta industria, que se originó desde los años 60, ha adquirido gran prestigio mediante presentaciones comerciales atractivas en los anaqueles de tiendas, panificadoras y otros canales de comercialización, incluyendo venta directa al consumidor, en Saltillo y Monterrey (2010).

Nuevos productos comerciales son la miel de maguey y la inulina (un oligofruetosacárido) que es un carbohidrato constituido por fructosa y escasos residuos de glucosa. A estos productos, se les atribuyen diversos beneficios para la salud y se venden como complementos dietéticos en las tiendas naturistas y farmacias. La miel de maguey se obtiene mediante concentración del aguamiel a fuego lento, lo cual conserva sus propiedades naturales.

Con respecto a la industria del pulque, se mantiene vigente, no sólo a nivel doméstico sino de microindustria. Las pulquerías aún existen, principalmente en Estados del centro de la República e inclusive en el Distrito Federal, donde se ha convertido en una bebida cara para eventos especiales. Luego de diversos problemas de tipo técnico, finalmente ha podido ser envasado en Hidalgo y Coahuila por emprendedores que lo exportan a los EUA; Nobel (2010) menciona que se ha puesto de moda como bebida energética en los Estados Unidos de América.

3.1.4. Maguey tequilero, *Agave tequilana* Weber var. Azul (Agavaceae)

Introducción

El maguey tequilero fue conocido y domesticado por los antiguos pobladores de Jalisco y pequeñas áreas de Nayarit. Los nativos de la tribu de los tiquilos, que habitaban en la región de Amatitlán, aprendieron a cocer el “cogollo” o “piña” del maguey, lo fermentaban y obtenían cierto tipo de vino fuerte que era muy apreciado. La bebida tenía cierto uso ritual por los ancianos y sacerdotes de la tribu. Debemos puntualizar, sin embargo, que el origen del tequila como bebida destilada se debe a los españoles. En 1758 el corregidor de la Nueva Galicia otorgó a José Antonio Cuervo, grandes extensiones de tierra en la finca de Villoslada, Jalisco. En 1795, José María Guadalupe Cuervo recibió del rey de España la primer concesión para producir tequila, (Álvarez, 1977). A mediados del siglo XIX, José María Castañeda, estableció la fábrica de “vino mezcal” La Antigua Cruz que fue adquirida en 1873 por Cenobio Sauza. Ese año se inició la exportación del producto al enviar 6 botijas y 3 barriles a Estados Unidos de América. Este fue el origen de una creciente industria, que da empleo a cientos de operarios y genera trabajo bien remunerado para algunos miles de campesinos que se dedican al cultivo de maguey

tequilero.

Actualmente el tequila está considerado como la “bebida nacional” por excelencia. Si bien hace algún tiempo, pudo ser visto como una bebida o licor corriente, por algunas personas, lo cierto es que en la actualidad, su procesamiento sigue normas estrictas de calidad. Esto ha colocado al tequila como un licor que puede competir con algunas de las más finas bebidas de origen extranjero por su excelente bouquet y amplias posibilidades de combinación, su fama se ha extendido a tal grado que hoy se exporta a más de 60 países de todo el mundo.

Aunque el maguey tequilero se ha desarrollado propiamente como un cultivo de clima semicálido, subhúmedo o templado húmedo, la demanda potencial de materia prima y el impulso tan necesario que debe darse a las exportaciones de tequila, justifican la posibilidad de extender el cultivo hacia las áreas con microclimas semiáridos o subhúmedos (de 450-700 mm) marginales a las regiones donde actualmente se cultiva.

Barrios (1980) señalaba que la industria tequilera considera de especial importancia aumentar la superficie de cultivo, para poder responder a las demandas que se prevén. Es necesario obtener agave para producir hasta 80 millones de litros anuales (actualmente en el 2010 se produjeron alrededor de 260 millones de litros); Nobel (2010) estima que fueron 300 millones. Sin embargo, consideramos que el cultivo del *Agave tequilana* deberá incrementarse en función de su propia área de origen y en todo caso de las marginales semisecas pues la bebida está protegida actualmente por una Denominación de Origen que le fue otorgada en 1974.

Descripción botánica

Planta perenne, con raíz bulbosa, fibrosa, cuya corteza está bien desarrollada; muestra pequeñas escamas cónicas de color oscuro, imbricadas, entre las cuales se originan pequeños botones que formaran los embriones de las plantas hijas conocidas como “mecuates”. El cuello, región entre la raíz y tallo se denomina comúnmente “cepa”.

Las hojas lanceoladas dispuestas en roseta, alrededor de un tallo corto (planta acaule), angostas, de color verde azulado o verde grisáceo, más o menos carnosas, sobre todo en la base. Tienen consistencia firme, forman una espina terminal aguda o mucrón y abundantes espinas marginales de color grisáceo o purpúreo. Las hojas se desarrollan a partir de la yema central conocida como meyolote y que abarca casi toda la longitud de la planta (Fig. 3.36).

La inflorescencia es una panícula que llega a desarrollarse cuando un maguey tequilero no se cosecha a tiempo. En tal caso se desarrolla un bohordo floral (quiote) alto, robusto y en el cual se originan numerosas brácteas prefoliadas. Flores trómeras de 65 a 80 mm de longitud, con ovario ínfero, hermafroditas, sostenidas por pedúnculos cortos, encorvados. El perianto de seis piezas, tubuloso, androceo de seis estambres, gineceo constituido por un ovario oblongo, cilíndrico, trilocular, multiovulado con los óvulos superpuestos, estilo central y estigma partido. La polinización es cruzada, entomófila u ornitófila. El fruto es una capsula tricarpelar, trilocular, con seis costillas longitudinales y semillas numerosas. Estas son de color negro, aplanadas, triangulares, con embrión recto.



Figura 3.36. Plantación adulta de maguey tequilero (*Agave tequilana* Weber var. Azul). Se observa la forma típica de la planta, densidad de una plantación para laboreo manual y “barbeo” mínimo. (Arandas, Jal.).

Especies y variedades

Las plantaciones de *Agave tequilana* comprenden el 95% de los agaves cultivados en la región. Hay que tener en cuenta que la determinación específica de los agaves es complicada y existen casos en los que es difícil precisar si se trata de dos especies diferentes o de dos variedades de una misma especie. El “agave azul”, tiene las hojas de color verde azulado por lo cual es fácil distinguirlo de las demás formas, excepto de el llamado “pata de mula” (*Agave pismulae*) considerado sinónimo de *Agave tequilana* por Gentry (1982), que tiene las hojas de color azul grisáceo. Ambas especies son muy parecidas, siendo el “azul” de mayor tamaño con las hojas más largas y delgadas y la “piña” elipsoidal en lugar de cilíndrica.

Requerimientos ecológicos

La planta puede crecer bien en sitios con altura cercana al nivel del mar (San Blas, Nayarit), hasta aquellos con 2000 m.s.n.m., como Jesús María, Jalisco.

Clima. Se desarrolla en diversas localidades de Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Nayarit y Tamaulipas, en donde la precipitación pluvial puede variar entre 513 mm hasta 1100 mm por año, con distribución en los meses de junio a octubre. La temperatura media anual puede fluctuar entre 17° a 27°C. Los climas en esas regiones pueden ser secos, templado húmedo o cálidos, sin un periodo invernal acentuado.

De los factores citados, destaca la influencia de la temperatura, pues en las regiones templadas y cálidas, los agaves alcanzan su maduración a los nueve años, en cambio en regiones altas de clima templado o algo frío, la maduración se produce a los once años. Aparentemente, con una temperatura media anual de 23°C se logra un mejor balance entre el aumento en volumen,

peso, azúcares y menor porcentaje de fibra.

Suelos. Se adapta a diversos tipos de suelos; sin embargo, su respuesta de crecimiento es mejor en suelos rojizos, con abundancia en compuestos de Fe, pH ligeramente ácido, y bajo contenido en materia orgánica (menos de 2%). Textura franco arcillosa o franco arenosa, a veces con agregaciones pedregosas, en sitios con pendiente ligera o hasta de 45%.

Cultivo

La especie de maguey tequilero más cultivada es *Agave tequilana* var. Azul, por lo cual a continuación nos referiremos a las labores esenciales para su cultivo.

Propagación. Las plantas pueden propagarse ya sea por medio de semillas, obtenidas de las plantas que se dejan crecer y fructificar con ese fin, o bien a partir de los hijuelos o "mecuates" que se desarrollan desde las raíces adventicias y emergen en la base de la planta.

El primer sistema se recomienda exclusivamente para trabajos de mejoramiento. Las semillas se siembran en almácigos, donde se les darán los cuidados necesarios. Cuando la planta alcanza tamaño suficiente para resistir las inclemencias del tiempo, generalmente después de un año, su "piña" (nombre común del tallo corto, rodeado por la base de las hojas) tiene el tamaño de una naranja. Entonces se extrae y selecciona para trasplantarse al terreno de cultivo.

En el segundo caso, se hace la recolección de los hijuelos o "mecuates" separándolos de la planta madre con una barreta; se dejan tirados para que se "achicalen" al sol durante varios días. Después, se eliminan las hojas y parte de la raíz, para plantarlas en los sitios definitivos.

Es importante señalar que se han hecho pocos trabajos agronómicos para mejorar los materiales para la propagación del maguey tequilero. Este tipo de trabajo, lo realizan con frecuencia en forma empírica los propios productores e industriales del tequila. Desde los años 1980, en la Cámara Regional de la Industria Tequilera, se formó una comisión de materias primas, con el fin de dedicar atención y asistencia técnica para ese importante aspecto.

Preparación del terreno. Algunos productores acostumbran preparar el terreno en tal forma, que les permita cultivar maíz o frijol entre las hileras de maguey, sobre todo durante los tres primeros años. De acuerdo con un productor de agave en Arandas, Jal. (Felipe Camarena, comunicación personal, 1982), es posible mejorar suelos pobres mediante la adición de abundante materia orgánica (gallinaza, estiércol), cultivando además maíz y frijol. Posteriormente, esos suelos ya enriquecidos son excelentes para el cultivo del *Agave tequilana* Weber var. Azul.

Diseño de plantación. Para trasplantar hijuelos o mecuates, se hace el trazo para la plantación en el terreno, en la forma más conveniente; se tomará en cuenta la exposición, pendiente y fertilidad del suelo. Cuando se usa tractor, se pueden hacer plantaciones con distancias entre surcos e hileras de 2.70 a 3.30 m y entre plantas de 1.10 a 1.20 m. En cambio, si las labores culturales serán manuales, se recomiendan distancias de 1.30 m entre hileras y de 1.10 m entre plantas, con lo cual se tendrá más densidad de plantas por hectárea (Fig. 3.36).

Fertilización

Es muy importante, durante el periodo de crecimiento y desarrollo de las plantas de maguey tequilero, remover el suelo alrededor, en abril y mayo, aplicando luego una fórmula balanceada de fertilizante. Para disminuir costos, en algunos casos de plantaciones jóvenes, se puede sembrar maíz o frijol entre surcos. En todo caso, es conveniente considerar la fertilidad del suelo y el régimen de lluvias, para una buena respuesta de la plantación.

En forma empírica, algunos productores acostumbran aplicar de 200 a 250 g de sulfato de amonio por planta, sobre todo un poco antes del temporal, con el fin de que los nutrientes se disuelvan y nutran gradualmente a la planta. Cuando no hay indicios de buen temporal y no se va a barbear, es mejor no fertilizar. Además, resulta muy positivo el agregado regular de estiércol perfectamente fermentado, pues induce en una buena fotosíntesis y acumulación de azúcares. Según el mismo productor de agave y tequila en Arandas, Jal., este sistema es excelente para proveer de materia prima de buena calidad a la industria, asegurando “piñas” de agave con 20 a 21° Brix (contenido de azúcar, medido con un refractómetro).

Barbeo

En muchas regiones se acostumbra practicar el “barbeo” anual, que consiste en cortar la punta de las hojas nuevas, aproximadamente 15 cm abajo del mucrón o espina terminal. El corte se realiza con machete en abril o mayo, hasta que la planta cumpla 7 años. A esa edad, principia a brotar el escapo floral, a partir del meyolote. En ese momento se capa, para evitar que el “quiote” consuma en su desarrollo toda la savia amilácea sacarina acumulada por la planta. Se deja transcurrir un año y se practica un nuevo barbeo más intenso, al que llaman en “escobetilla”. Este corte induce aparentemente en la maduración de la piña; sin embargo puede representar peligro de infección.

En opinión del mismo productor, el barbeo exagerado, que se realiza en la región de Tequila, es muy probable que retrase la maduración de las plantas, puesto que al disminuir el área foliar, indudablemente disminuye su capacidad fotosintética.

Jima

En una plantación regular de *Agave tequilana*, es posible observar diferentes estadios en el desarrollo de las plantas; esto puede deberse tanto a factores genéticos, ecológicos, de ubicación e inclusive de manejo agrícola, que pueden inducir en la manifestación de algunas diferencias individuales. Así, los estadios pueden ser: agave tierno, agave sazón o agave maduro y agave bien rendido.

Es importante considerar que en los diferentes estados fisiológicos, varía la composición de la “piña”, aunque se considera que en términos generales, contiene: 75 % de carbohidratos, entre ellos glucosa, dextrina, inulina y almidón.



Figura 3.37. Plantación adulta de *Agave tequilana* var. Azul lista para la “jima” (cosecha). La planta es despojada totalmente de sus hojas con ayuda de una coa.

Al “jimar” un agave tierno, el centro del meyolote aparece con un denso enrollamiento de hojas. En un agave sazón o maduro, el centro del meyolote aparece algo ensanchado. En un agave bien rendido, el meyolote muestra un centro mayor. Sin embargo, el mejor estadio para la “jima” es el agave bien rendido, el cual puede reconocerse en el campo porque las bases de las pencas se abren, se hinchan y tornan amarillentas. Es posible observar la diferencia entre las piñas producto de la “jima” de agave tierno, sazón y bien rendido (Figs. 3.37 y 3.38).

Un método más exacto para detectar las plantas que han llegado a un estado fisiológico con un buen contenido de azúcares (en términos de grados Brix) consiste en el uso de un refractómetro, tal como se hace para la caña de azúcar.

Plagas

El maguey tequilero es atacado por diversas plagas. Los daños que ocasionan llegan a representar un problema demasiado grave; por lo tanto es necesario controlarlas para evitar retraso en el desarrollo de las plantas y por consiguiente en la acumulación de azúcares.

Palomilla del maguey (*Aegiale hesperiasis*); constituye la principal plaga, tanto en la región de Tequila, Jal., como en la Altiplanicie. El ataque de la “palomilla”, ocasiona una disminución en el crecimiento de la planta, seguido por marchitamiento precoz, muerte de muchas hojas y algunas partes de la “piña”, las que toman un color pardo oscuro debido a la acumulación de mucólagos, excrementos de larvas y necrosis criptogámica. Se presenta una gran pérdida de



Figura 3.38. Piñas de maguey tequilero, mostrando los tres estadios biológicos típicos: agave tierno, agave sazón o maduro y agave bien rendido.

azúcares, originada porque el parénquima consumido por las heridas y zonas muertas impide una fotosíntesis normal. En caso de un ataque severo, es necesario desechar la “piña”.

Durante octubre y noviembre es cuando la hembra oviposita sobre las pencas; la eclosión tiene lugar entre 15 a 20 días, en condiciones favorables de temperatura y humedad. Los daños antes mencionados son causados por el segundo y tercer estadio de la larva.

Para el control químico de la palomilla hay que tener presente sus parásitos, de lo contrario, el control puede resultar contraproducente, pues en lugar de disminuir el número de palomillas, al matar accidentalmente a sus enemigos naturales puede aumentar considerablemente la incidencia de la plaga.

El control biológico lo realiza la mosca (*Arthrochaeta*), de la familia *Tachinidae*, cuyas larvas pupan cerca de las crisálidas de *Acentrocneme* sp. impidiendo su transformación en adultos. Otro parásito de las larvas es una avispa de la familia *Braconidae*. El control biológico no elimina por sí solo a la plaga, pero sí la mantiene en proporciones inofensivas.

Gallina ciega (*Phyllophaga* sp); sus larvas son de color blanco, cabeza de color café oscuro, abdomen de coloración oscura por la tierra ingerida cuando destruye las raíces de las plantas al alimentarse. Su ataque ocasiona la debilidad general del maguey tequilero, el cual toma una coloración amarillenta. Los ataques intensos acaban por matar a la planta. Para su control es recomendable hacer barbechos profundos en otoño y aplicar el insecticida recomendado en la región.

Chapulines (*Orthoptera*), también conocidos como saltones o saltamontes. Tienen una sola generación al año, durante septiembre a noviembre. Causan daños a las hojas nuevas de las

plantas jóvenes, que se notan en forma de mordiscos, las mayores densidades se desarrollan en las plantaciones descuidadas y con abundantes zacates y malezas. Para el control se han utilizado espolvoreaciones de BHC al 3 % (mezclado con material inerte como talco, bentonita u otro), en dosis de 25 kg/ha, o con aspersiones de paratión metílico al 50 % en dosis de 1.5 l/ha en agua.

Escamas (*Acnidiella*), aparecen como costras de dos milímetros de largo. Dando origen a depresiones en el haz y envés de las hojas. El control con insecticidas deberá realizarse solo cuando se presenta una gran infestación. Puede usarse Malathion al 50 % en la dosis comercial especiada, disuelto en 300 l de agua, asperjando dos veces en un período de diez días.

Entre los mamíferos que atacan las plantaciones de agave están: Tuza (*Geomys* sp.), este roedor se alimenta de las raíces de las plantas. Para su combate se han recomendado: trampas, cebos envenenados y gases tóxicos. (bisulfuro de carbono, cianogas, etc.). La forma de combate más frecuente es con cebos envenenados. El cebo puede ser caña de azúcar, zanahoria o papa. A cualquiera de ellos se le hace una incisión y en ella se deposita el veneno. Los venenos más utilizados son compuestos de arsénico, sulfato de estricnina y sobre todo, los venenos, modernos a base de anticoagulantes: Warfarina y Tomorín. La Warfarina tiene buena efectividad, buena aceptación y puede manejarse sin riesgo.

Otros roedores dañinos son el ratón montero (*Pitymys pinotorum*) y el meteorito (*Arvicola mexicana*). La Warfarina debe suministrarse mediante la colocación repetida de cebos, hasta que el anticoagulante sea suficiente para provocar la hemorragia. Existen algunas plagas más, que sería muy extenso enumerar, por lo cual se han incluido las más frecuentes.

Enfermedades

Marcha circular (*Colletotrichum agavis*). Las manchas producidas por este hongo pueden ser de 10 a 25 mm de diámetro, localizándose tanto en el haz como en el envés. Se inician como puntuaciones de color verde que se torna de color pardo o grisáceo, rodeadas por un halo oscuro; en ataques drásticos se unen y cubren toda la hoja. Se recomienda eliminar las hojas muy infectadas y quemarlas en un sitio apartado, también la aplicación preventiva de algún fungicida.

García (1976), menciona el tizón de la penca causado por *Alternaria* sp. y la mancha de la penca por *Coniothrium concentricum*; atacan al maguey tequilero en Jalisco.

Control de malezas

Para mantener las plantaciones de maguey libres de malezas, es conveniente considerar los métodos de control más adecuados, de acuerdo con la extensión a tratar, tipo de suelo y régimen de lluvias, con alguno de los métodos siguientes:

Métodos mecánicos. Los más aplicados son: escarda manual, arranque con azadón, labores con maquinaria, corte, quemas, inundación y aspersión con materiales inertes.

Métodos culturales. Se basan en la competencia y rotación de cultivos, compatibles con el maguey durante los tres primeros años.

Métodos químicos. Con frecuencia se prefiere la aplicación de herbicidas, debido a que además de reducir los costos, cuando se aplican a tiempo rinden otros beneficios para las plantaciones. Para que las operaciones de control de malezas sean eficientes deberán considerarse:

- Conocimiento del cultivo, malezas y productos químicos. Correcta determinación de la época de aplicación del herbicida.
- Seguridad y cuidado al ejecutar las instrucciones.
- Mantenimiento correcto del equipo.
- Registros con fines de la operación y sus efectos.

Se han probado herbicidas como Gesaprim-combi, Hayvar y Gesatop, en dosis de 5, 1 y 5 kg/ha. El mejor ha resultado Gesaprim-combi por ser poco tóxico, por lo cual se puede usar sin ningún peligro para las plantaciones de maguey tequilero.

Disponibilidad de Agave en campo

Con el fin de conocer las existencias reales de *Agave tequilana* en las regiones productoras, el Consejo Regulador del Tequila, procedió en el 2010 a realizar un inventario de este cultivo. Aplicó una metodología en la cual participaron los productores agaveros, envasadores, y comercializadores integrados a dicho Consejo. Los resultados servirán para conocer las existencias de Agave, diagnosticar y controlar plagas y enfermedades, el establecimiento de nuevas plantaciones, y las demandas futuras de Agave para el tequila (Fig. 3.39).

Rendimiento económico de las plantaciones

Cuando una plantación se realiza con buenas técnicas, al cabo de 8 a 9 años que tarda en llegar a la edad de "jima" o cosecha, puede rendir en una superficie de 5-6 hectáreas de 3 a 4 millones de pesos (calculado para mayo de 1982). Este se considera muy buen rendimiento al compararlo con cultivos de ciclo corto como maíz y frijol. En el 2005, por la cosecha de una hectárea de maguey tequilero, se pagaba hasta un millón de pesos. En el 2010, por la escasez de agave se incrementó un poco el precio.

Proceso de elaboración del tequila

Después de la jima (cosecha en el campo), las piñas de agave son transportadas hasta los patios de recepción de la industria; ahí se evalúan apreciativamente y se pesan para el pago al productor.

Posteriormente se parten con ayuda de un hacha en mitades o cuarterones, según el tamaño, eliminando a continuación el cogollo cuya miel es amargosa (Fig. 3.40).

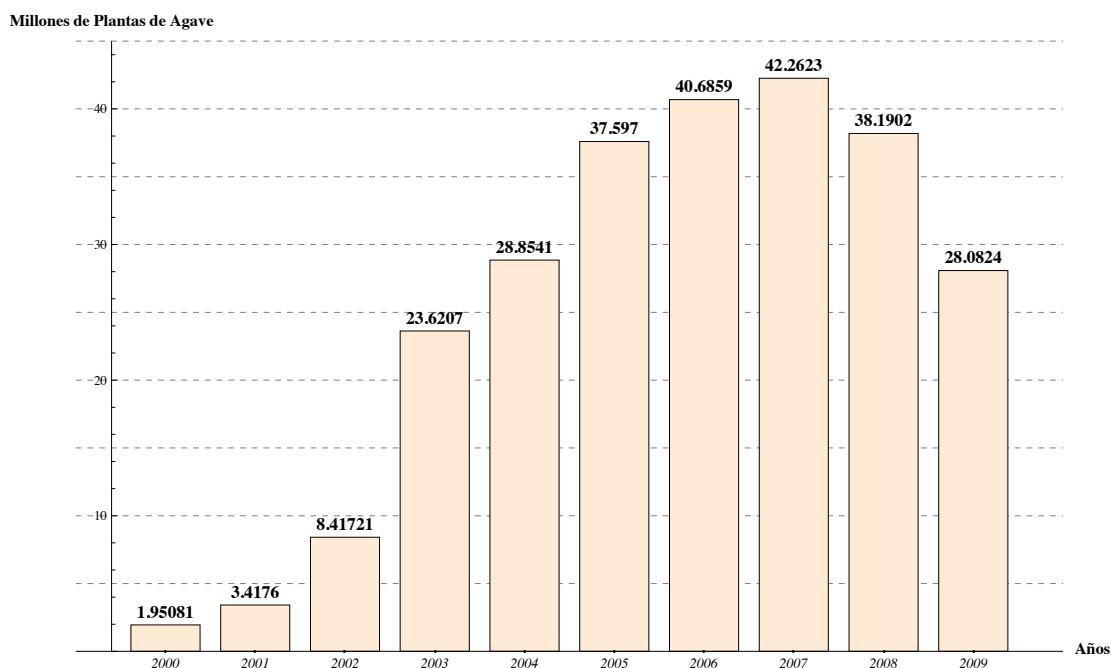


Figura 3.39. Inventario de existencias de *Agave tequilana* var. Azul, en la región productora comprendida en la Denominación de Origen del Tequila (2010).

Cocimiento. Los trozos de agave se trasladan y acomodan, ya sea en los hornos de mampostería (proceso tradicional, poco utilizado en la actualidad), donde quedan sujetos a la acción de calor indirecto que se suministra por medio de vapor, o bien a los autoclaves con gran capacidad (20 toneladas o más). La Fig. 3.41, ilustra el procedimiento.

Después de algunas horas en los hornos de mampostería se inicia el desprendimiento de mieles. Las que resultan en las 6 primeras horas se llaman mieles amargas y se tiran por tener sabor desagradable. Posteriormente se desprenden las “mieles de escurrido” las cuales son ricas en sólidos solubles y se depositan en las pilas de fermentación durante las siguientes 6 horas. Luego se cierran las llaves de salida y se prolonga el tiempo de cocimiento de 24 a 30 horas. Por lo que se refiere al cocido en autoclaves, el tiempo de cocción es de 8 horas, con lo cual se realiza una activa hidrólisis enzimática.

Descarga de hornos o autoclaves. Terminado el cocimiento en hornos, la materia prima se deja reposar 24 horas para que se enfríe y poder descargarla. Por lo que se refiere a los autoclaves, después de enfriarlos varias horas se abren para descargar. En ambos casos, la operación se realiza rápidamente con la ayuda de carretillas (Fig. 3.42).

Molienda. Antiguamente, la molienda se realizaba con un molino de piedra, movido por tracción animal o mecánica. Actualmente, las industrias medianas o grandes utilizan modernos trapiches y molinos mecánicos provistos de cuchillas y masas que desgarran y muelen la materia prima, tanto la penca como pulpa; así, agregando agua se obtiene el jugo azucarado que



Figura 3.40. En los patios de recepción de la industria tequilera, las “piñas” del *Agave tequilana* var. Azul son partidas en mitades y cuarterones. En esta operación se elimina el “cogollo”, pues su miel es amargosa.

contienen (Fig. 3.43 y 3.44).

Preparación de mostos frescos

Los jugos provenientes de la molienda escurren por un canal hacia las pilas, generalmente revestidas de azulejo blanco. Aquí se les agrega cierta cantidad de agua tibia (a 180°C), para estabilizar la carga a 10° Brix; de ahí los mostos se bombean hasta las tinajas de fermentación.

Fermentación

Una vez llena la pila de fermentación, se procede a agregar la levadura, la cual proviene de alguna pila anteriormente usada, se le agrega agua tibia, sulfato de amonio y a veces algo de levadura comercial (aproximadamente una cucharada por tina). En las pilas, la fermentación dura de 48 a 72 horas, la carga de mosto tiene originalmente 10° Brix y al terminar la fermentación se dice que “muere”, quedando a 0° o máximo a 1° Brix. Las tinajas tardan de 3 a 4 días para morir (Fig. 3.45).



Figura 3.41. Operarios acomodando los trozos de agave en un autoclave. (Foto tomada desde el interior de un antiguo horno de mampostería, utilizado para el procesamiento tradicional del Tequila. (Arandas, Jal.).

Destilación

El mosto fermentado, con una concentración alcohólica de 3.5 a 4% o mayor, se pasa a la sección de destilación de la fábrica. Ahí se somete a una primera destilación, en alambiques llamados destrozadores, de la cual se obtiene un 1er aguardiente con 19 -20° G.L.; al final se separan las colas, pues contienen abundantes aldehídos y cetonas. Este aguardiente, llamado “ordinario”, se pasa a segunda destilación en alambiques conocidos como rectificadores, para rectificarlo y obtener un 2° destilado que ya es propiamente el Tequila con una concentración alcohólica de 30 a 55° G.L., y del cual se eliminan las puntas y colas. (Felipe J. Camarena; com. personal, 1982). (Fig. 3.46).

El aguardiente de agave ya es de hecho un tequila y es conducido por tubería hasta grandes depósitos, ubicados fuera de la sección de destilación. La capacidad de esos depósitos puede ser de 100,000 a 200,000 l, según la magnitud de la destilería.

Reposo o añejamiento

De acuerdo con el tipo de tequila que se desee obtener y comercializar, así será el régimen de reposo o añejamiento al que estará sujeto. Los tipos de Tequila bien reconocidos por los productores y considerados tanto para fines de control de calidad, como para fines de la Norma Oficial fijada por la Secretaría de Industria y Comercio son los siguientes: *blanco*, *joven abocado*, *reposado* y *añejo*.

Tequila blanco. Proviene directamente de la destilación; sólo permanece por horas o días en depósitos de acero inoxidable o barricas de encino. El contenido alcohólico comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución. La graduación mínima es de 35°GL, y la máxima de



Figura 3.42. Descarga de las “piñas” de agave, cocidas en autoclave. Después de una cocción de ocho horas, se reblandecen y los azúcares se hidrolizan totalmente transformándose en azúcares fermentativos.

55°GL. Luego pasa a los tanques surtidores, es filtrado, homogeneizado y embotellado.

Tequila joven u oro. Producto susceptible de ser abocado, su contenido alcohólico comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución. El resultado de las mezclas de Tequila blanco con Tequilas reposados y/o añejos y/o extra añejos, se considera como Tequila joven u oro.

Tequila reposado. Producto susceptible de ser abocado, sujeto a un proceso de maduración de por lo menos dos meses hasta menos de un año, en contacto directo con la madera de recipientes de roble o encino. Su contenido alcohólico comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución. El resultado de las mezclas de Tequila reposado con Tequilas añejos o extra añejos, se considera como Tequila reposado.

Tequila añejo. Producto susceptible de ser abocado, sujeto a un proceso de maduración, de por lo menos un año en contacto directo con la madera de recipientes de roble blanco con capacidad máxima de 600 litros; su contenido alcohólico comercial, debe ajustarse con agua de dilución. El resultado de las mezclas de Tequila añejo con Tequila extra añejo se considera como Tequila añejo.

Tequila extra añejo. Producto susceptible de ser abocado, sujeto a un proceso de maduración de por lo menos tres años, en contacto con la madera de barricas de roble blanco o encino, con



Figura 3.43. El mezcal -nombre común del agave ya cocido- , se hace pasar a través de un moderno “trapiche”.

capacidad máxima de 600 litros, el contenido alcohólico comercial debe ajustarse, en su caso, con agua de dilución.

Cualquier tipo de tequila elaborado exclusivamente de los azúcares provenientes de este Agave, puede utilizar la leyenda 100 % de agave, o 100 % puro de agave, añadiendo al final la palabra “Azul” (NOM-006-SCFI-2005).

Control de calidad

Generalmente cada industria productora de Tequila (afiliada a la Cámara Regional de la Industria Tequilera, con sede en Guadalajara, Jalisco), es sujeta a un estricto control de calidad. Este es realizado por un lado en los laboratorios de la propia industria y por el laboratorio que se encuentra en la propia Cámara Regional, que además es corroborado con otro análisis de un ingeniero químico de la Secretaría de Comercio, y Fomento Industrial. Esto representa una triple garantía para certificar la Norma Oficial de Calidad, dando además una seguridad absoluta en cuanto a la buena calidad del producto de que se trate, tanto para consumo nacional como para los mercados de exportación.

A continuación se indican los principales componentes que se consideran durante el análisis químico a que se somete el Tequila (Cuadro 3.12).

Norma Oficial de Calidad para el Tequila

“Para los efectos de esta Norma, se entiende por tequila, el aguardiente regional obtenido por destilación y rectificación de mostos preparados principalmente con azúcares extraídos de las cabezas cocidas de *Agave tequilana* Weber var. Azul, sometidas previamente a fermentación alcohólica con levaduras adecuadas seleccionadas o no, y susceptibles de ser corregidas hasta



Figura 3.44. Al pasar por el “trapiche”, el mezcal es desgarrado y molido. Con el agregado de agua las fibras son bien lavadas y los azúcares escurren en forma de jugos azucarados.

Cuadro 3.12. Parámetros para análisis de Tequila (fijados por las normas de calidad).

1. Alcohol en volumen	9. Alcohol propílico normal
2. Alcohol en peso	10. Alcohol isobutílico
3. Agua	11. Alcohol isoamílico activo
4. ácidos totales	12. Alcohol metílico
5. Sólidos totales	13. Acetato de metilo
6. Ésteres	14. Metil-1-pentanol
7. Aldehídos	15. Furfural
8. Alcoholes superiores totales	16. Color

con 49% de azúcares de otra procedencia. El tequila es un líquido transparente, incoloro o ligeramente amarillento después de reposado o añejado en recipientes de madera, roble o encino.” Dirección General de Normas, S.I.C. 5 de diciembre de 1977.

Una versión actualizada de esta Norma, fue publicada el 28 de octubre de 2005, con el propósito de proteger a la industria y al consumidor. Se realizó con la amplia participación de elementos de las Cadenas Productivas, Industriales y Comerciales. Se denomina: NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-006-SCFI-2005, Bebidas alcohólicas - Tequila - Especificaciones.

En dicha Norma, destacan algunas definiciones como:

Agave. Planta Agavacea de hojas largas, fibras, forma lanceolada, color azulado, cuya parte aprovechable para la elaboración de Tequila es la piña o cabeza. La única especie para los efectos de esta NOM es *Agave tequilana* Weber var. Azul, cultivada dentro del territorio comprendido en la Declaración de Denominación de Origen publicada en octubre de 1977.

Abocado. Procedimiento para suavizar el sabor del Tequila, mediante la adición de uno o más ingredientes: color caramelo, extracto de roble o encino natural, glicerina, jarabe de azúcar.

También se precisan las características de los diferentes tipos de Tequila, tal como fueron



Figura 3.45. Con los jugos azucarados del agave se preparan los mostos, estabilizados a 10°Brix. Son fermentados durante 3 o 4 días en las tinas de fermentación, hasta que “mueren” a 0° o máximo 1°Brix .

descritas anteriormente (NOM-006-SCFI-2005).

Además de los parámetros considerados por la Norma Oficial de Calidad, están incluidos algunos señalados por las normas de los E.U.A. y Alemania, que para bebidas alcohólicas fijan la cifra de 110° Proof. Ello significa que deben contener 55 % de alcohol/100/c.c. del volumen analizado. La diferencia estará representada por los otros componentes, fijándose un límite máximo para cada uno. En general la Norma mexicana llena los requerimientos de las normas a nivel internacional, por ella el Tequila se ha convertido en una bebida de prestigio en los mercados de exportación.

Denominación de Origen del Tequila

El nombre Tequila está reconocido y protegido en México y en el mundo con una Denominación de Origen. Ello implica, que ese nombre sólo puede ser aplicado por las personas físicas o morales cuyas destilerías o fábricas se encuentren ubicadas en el territorio que, como el del origen del producto de ese nombre, quedó asentado en la declaratoria respectiva. La resolución señalada se basa en la Ley de la Propiedad Industrial (de Inventiones y Marcas); fue emitida por la Secretaria de Industria y Comercio, el 22 de noviembre de 1974, otorgada y publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 9 de diciembre de 1974 (Cuadro 3.13).

Así pues, la denominación de Tequila solo puede aplicarse al aguardiente regional del mismo nombre, al que se refiere la Norma de Calidad establecida, por la Dirección General de Normas de la Secretaria de Industria y Comercio. La denominación de origen protege de manera efectiva al Tequila, el cual no puede ser fabricado con ese nombre en ningún otro sitio del país o del extranjero. Esta situación puede equipararse con la del Coñac (tipo especial de brandy de uva, elaborado en la región de Cognac, Francia), o el Champaña (tipo particular de vino blanco



Figura 3.46. Alambiques “destrozadores”, en donde a partir de mostos fermentados (conocidos como mostos muertos) con 3.5 - 4 % de alcohol, se obtiene un 1er. aguardiente con 19 -200 G.L. Después se hace pasar por un alambique rectificador, para obtener el Tequila 30 - 55° G.L.

y burbujeante, símbolo de la alegría, que se elabora en la región de *Champagne*, Francia). Son denominaciones de origen que protegen a esos productos y los cuales no pueden ser utilizados en ninguna otra parte del mundo.

Importancia económica del Tequila

Actualmente, el Tequila se exporta a casi 70 países, siendo los Estados Unidos de América quienes más cantidad compran y consumen. Es interesante mencionar que en 1970 se producían poco más de 23 millones de litros y se exportaban 3,226,000 litros, mientras que en 1981 se producían 60 millones de litros y se exportaban 26 millones de litros. Actualmente en el 2010 se produjeron alrededor de 260 millones de litros de los cuales se exportaron alrededor de 185 millones de litros. De estas cifras destaca el gran aumento tanto en la producción como en la exportación de tequila.

Por lo que se ha expuesto hasta aquí, resultó acertada la opinión de Barrios, (1980), en el sentido de que: “La industria tequilera tiene ante sí un óptimo panorama y muchos mercados internacionales por conquistar aun, lo que la compromete seriamente. Y es satisfactorio en verdad que un producto netamente mexicano, enraizado con nuestras tradiciones, se haya colocado en un sitio privilegiado dentro del mosaico internacional”.

Cuadro 3.13. Estados y municipios productores de *Agave tequilana* Weber var. Azul y/o Tequila, protegidos por la Declaratoria de Denominación de Origen en 1974, ampliada en 1976.

ESTADOS	MUNICIPIOS
JALISCO	Todo el Estado, 124 municipios
GUANAJUATO	Cd. Manuel Doblado, Cuerámara, Huanámara, Purísima del Rincón, Abasolo, Pénjamo y Romita.
MICHOACAN	Jiquilpan, Venustiano Carranza, Vista Hermosa, Régules, Sahuayo, Pajacuarán, Tanhuato, Villamar, Tocumbo, Ixtlán, Cotija, Chavinda, Los Reyes, Tangamandapio, Zamora, Tinguindin, Jacona, Ecuandureo, La Piedad, Yurécuaro, Numarán, Zináparo, Churintzio, Chilchota, Tangancúaro, Peribán, Nuevo Parangaricutiro, Briseñas de Matamoros, Tancítaro y Maravatio
NAYARIT	Tepic, San Pedro de Lagunillas, Santa María del Oro, Jalisco, Ahuacatlán, Jala, Ixtlán del Río y Amatlán de Cañas.
TAMAULIPAS	Aldama, Altamira, Antiguo Morelos, Gómez Farías, González, Llera, Mante, Nuevo Morelos, Ocampo, Tula, Xicoténcatl.

El maguey tequilero una especie de gran importancia actual

Este agave es un ejemplo de utilización de tierras marginales a la agricultura, pues debido a la creciente demanda nacional pero sobre todo internacional del tequila, a partir de los años 1980 y poco después de lograr su denominación de origen, se despertó un mayor interés de los productores por su cultivo en varios estados de la República empezando por la propia región de Tequila, Amatitán, Arandas, Tepatitlán y demás municipios de Jalisco, así como Michoacán, Guanajuato, Nayarit, Zacatecas y Tamaulipas.

Así, la materia prima fue insuficiente para cubrir la demanda y mientras que los agaves de las nuevas plantaciones alcanzaban un tamaño mínimo de corte o la madurez requerida, fue necesario conseguir “piñas” o “cabezas” de maguey mezcalero *Agave angustifolia*, *A. durangensis* y maguey pulquero *A. salmiana*, en otros estados como Oaxaca, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.

En pocos años la tecnología para la producción de tequila evolucionó, pasando de los métodos rústicos de cocimiento, molienda, fermentación y destilación al establecimiento de modernas plantas industriales de mediana o alta producción. Luego, la ley natural del mercado de la oferta y la demanda dio lugar a un aumento desmesurado del precio del tequila en todas sus presentaciones, así como la aparición de numerosas marcas comerciales en el mercado.

Esta situación ha favorecido de alguna manera a la tecnología de producción del Agave. Por un lado, nuevas tierras abiertas al cultivo ampliaron la frontera agrícola, logrando establecer plantaciones en sitios áridos y semiáridos, con fertirrigación o riego por goteo. Así, muchos nuevos productores han optado por la producción de maguey tequilero en áreas muy impropias



Figura 3.47. Plantación de *Agave tequilana* Weber var. Azul en un sitio con suelo muy pedregoso y fertirrigación, cerca de Jalpa, Zac.

para la agricultura tradicional (Fig. 3.47). Para algunos productores de maíz y frijol, ha mostrado claramente tener más rentabilidad que esos cultivos, pues aplicando la lógica y sentido común del campesino se dan cuenta que el establecimiento de una plantación de agave azul (como ellos le llaman) requiere menos trabajo e inversión que los cultivos de temporal, tiene menos desventajas y un mercado más seguro.

3.1.5. Maguey mezcalero, *Agave angustifolia* Haworth (Agavaceae)

Descripción botánica

Planta con tallo de 20 a 90 cm de longitud, hojas maduras de 60 a 120 cm, por 3.5 a 10 cm de ancho, linear lanceoladas, rígidas, brosas, jugosas, color verde pálido o gris glauco, plana o cóncavas de arriba, convexas de abajo, angostas y gruesas hacia la base, dientes pequeños de 2 a 5 mm, panículas de 3 a 5 m de alto, flores verdes o amarillas (Fig. 3.49).

Importancia del maguey mezcalero en Oaxaca

Este maguey se cultiva con una técnica semejante a la del maguey tequilero, sin embargo es una especie más rústica y tiene menores requerimientos de agua. Por tal motivo su cultivo en Oaxaca, ha adquirido una importancia creciente (Figs. 3.48 y 3.49).



Figura 3.48. Extracción de plantas de un vivero de maguey mezcalero para el establecimiento de una plantación comercial. Casa Chagoya, cerca de Santa María del Tule, Oax.

El cultivo del maguey mezcalero o maguey espadín en Oaxaca, se ha desarrollado desde hace más de 100 años, afrontando periodos de auge y crisis debido a factores económico sociales, culturales, tecnológicos, ambientales y fluctuaciones del mercado. Actualmente el cultivo está en un período de recuperación, luego del cierre de numerosos palenques pequeños con tecnología tradicional artesanal.

Cuadro 3.14. Distritos políticos, superficie de cultivo y sistemas productivos de agave mezcalero (*Agave angustifolia*), Región del mezcal, Oaxaca, México, 2001 - 2005..

Distrito político	Superficie cultivada (ha)	Sistema productivo
Tlacolula	4,392	Valles
Yautepec	3,284	Laderas
Miahuatlán	1,023	Valles , laderas
Ejutla	1,784	Valles
Ocotlán	775	Valles
Zimatlán	130	Valles
Sola de Vega	363	Valles, laderas
Total	11,751	

Fuente. Antonio, B. J. y J. Ramírez J. 2008.

En el estado de Oaxaca, el cultivo se realiza principalmente en Tlacolula, Yautepec, Miahuatlán, Ejutla, Ocotlán, Zimatlán y Sola de Vega. Pero también van en aumento las plantaciones en Zaachila, Etna, Nochixtlán, San Pedro Tezacoalco, Huajuapán, Silacayoapan y Teposcolula.



Figura 3.49. Plantación de maguey mezcalero. Corte de hojas basales para estimular el desarrollo de las hojas superiores y aporte de carbohidratos al tallo. Tlacolula, Oax.

El establecimiento de las plantaciones se hace de acuerdo a la topografía del terreno. en terrenos planos se usa tractor, en los lomeríos (pies de monte) la yunta y en terrenos montañosos con aperos de labranza manual.

Los Valles Centrales de Oaxaca constituyen la región del mezcal, aportan el 75 % de la producción nacional de agave y mezcal. Las superficies cultivadas y sistemas productivos se indican en el Cuadro 3.14.

Denominación de Origen del Mezcal

El 28 de noviembre de 1994 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la resolución mediante la cual se otorgó protección a la Denominación de Origen Mezcal, para ser aplicada a la bebida alcohólica del mismo nombre, en los estados de Oaxaca, San Luis Potosí, Durango, Zacatecas y Tamaulipas.

Tipos y categorías de Mezcal. Luego de lograr la Denominación de Origen, los fabricantes han perfeccionado los tipos y categorías de mezcal que ofrecen a los mercados nacional y de exportación, que son los siguientes:

Tipo I Mezcal 100 % de Agave. Elaborado con los mostos que únicamente contienen azúcares provenientes de los agaves.

Tipo II Mezcal con otros azúcares. Con un 80% de los mostos de los agaves, a los que se les adiciona un 20% de otros azúcares.

Ambos tipos de mezcal son susceptibles de clasificarse según las siguientes categorías:



Figura 3.50. Tatemado o cocimiento de las cabezas o “piñas” de mezcal en “hornos” rústicos revestidos con piedras.

Jóven. Mezcal obtenido directa y originalmente con los azúcares extraídos de los agaves, susceptible de ser enriquecido, para el caso del mezcal tipo II hasta con 20% de otros azúcares.

Reposado. Mezcal que se almacena por lo menos dos meses en recipientes de madera de roble blanco o encino para su estabilización, susceptible de ser abocado.

Añejo. Mezcal sujeto a un proceso de maduración por lo menos de un año en recipientes de madera de roble blanco o encino, susceptible de ser abocado.

Abocado. Procedimiento para suavizar el sabor del mezcal, mediante la adición de uno o más productos naturales, saborizantes o colorantes permitidos en las disposiciones legales correspondientes.

Norma Oficial de Calidad para el Mezcal

El 7 de abril de 2003, la Entidad Mexicana de Acreditación, (EMA) otorgó al Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (COMERCAM), la acreditación como organismo de certificación de producto, para evaluar la conformidad de la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994, Bebidas Alcohólicas-Mezcal-Especificaciones. El 28 de abril del 2003, la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía emite su aprobación. Así quedó establecido el marco legal y el reconocimiento mundial en lo que se refiere a la producción del Mezcal, mismo que permite su comercialización en el extranjero como una bebida de calidad garantizada.

Para la producción de Mezcal se deben utilizar las siguientes especies de *Agave*, como materia prima, cultivadas en las entidades federativas, municipios y regiones considerados en la Declaratoria General de Protección a la Denominación de Origen “Mezcal”:



Figura 3.51. Molienda de las cabezas cocidas en el “paleque”, para extraer el jugo o mosto azucarado.

Agave angustifolia, “maguey espadín”; *Agave asperima*, “maguey de cerro”; *Agave weberi*, “maguey de mezcal”; *Agave potatorum*, “tobalá” o “maguey de mezcal”; *Agave salmiana* ssp. *crassispina*, “maguey verde”.

Situación actual y perspectivas del Mezcal

En los aspectos tecnológicos cabe destacar que este agave ha progresado bastante, pasando a ser de una bebida muy rústica, doméstica y a veces riesgosa, destilada en alambiques de olla a una industria en la cual destacan dos sistemas de producción observados. Uno tradicional pero que ha adoptado la destilación en alambique de cobre con serpentín refrigerado por agua y doble destilación (Fig. 3.50-3.55) y otro moderno iniciado en los años ochentas donde la parte inicial del proceso de tatemado en horno y con leña ha sido sustituido por un autoclave (semejante al utilizado por la industria tequilera) donde la cocción de las “cabezas” de mezcal se hace en 12 horas, así como destiladores más e cientos. Esto se ha hecho principalmente en Oaxaca y Durango. En el 2008 visitando el paleque para la elaboración tradicional de mezcal y las plantaciones comerciales de Mezcal Chagoya cerca de Santa María del Tule, Oax. se pudo observar el establecimiento de una planta industrial con tecnología moderna, en respuesta al aumento en la demanda de este producto para exportación.

La producción actual de mezcal se comercializa a través de más de 700 marcas, incluyendo algunas que envían sus productos al mercado de exportación con su característico “gusano” especialmente a los EUA, Unión Europea y Japón. Importadores de este último país solicitan el envío de botellas de mezcal con dos gusanos, pues los consumidores le atribuyen cualidades afrodisíacas.



Figura 3.52. Fermentación del mosto de mezcal en barricas de encino; luego de varios días está listo para la destilación.



Figura 3.53. Destilación del mosto fermentado en alambique de cobre, para la elaboración del mezcal, al estilo tradicional de Oaxaca.

Un atractivo para el consumidor, particularmente para el turismo nacional y extranjero que visita Oaxaca, es la variedad de mezcales de tipo artesanal pero de alta calidad, entre los que se pueden mencionar: con gusano, pechuga, blanco, minero, cedrón, de alacrán, tobalá (más caro porque se elabora con agave silvestre), y una diversidad de cremas de mezcal, para satisfacer el gusto de cada paladar.



Figura 3.54. Envasado y etiquetado del mezcal para consumo nacional. Cada botella con su respectivo “gusano”, algo que le ha dado fama internacional.



Figura 3.55. El clásico “mezcal de olla” elaborado con *Agave angustifolia*. También un mezcal elaborado con el maguey silvestre “tobalá”, algo especial y exclusivo de Oaxaca.

3.1.6. Maguey bacanora, *Agave angustifolia* Haworth (Agavaceae)

Descripción botánica

Planta de tallo corto, hojas numerosas parecidas a una espada, dispuestas en roseta radial, de 50 a 120 cm de largo y 4 a 8 cm de ancho. Las hojas son lineales, rígidas, rectas, ascendentes, verde o verde glauco, hasta verde amarillentas. Los dientes del margen de la hoja regulares, de 3 a 6 mm, 15-30 mm de separación, color café oscuro o negro, espinas exionadas hacia arriba, espina terminal de 15 a 20 mm de largo, café oscuro. Panícula de 3 a 6 mm de alto, con 6 a 20 ramas laterales, flores amarillo verdosas, rojizas o de otros colores, cápsulas de 35 a 50 mm, semillas de 8 a 10 mm, negro brillosas.

Este agave clasificado anteriormente como *A. pacifica*, es un maguey que crece en las laderas y mesetas semiáridas, localizadas al oeste de la Sierra Madre Occidental en Sonora. Durante mucho tiempo ha sido aprovechado directamente de la vegetación natural, donde se asocia con mezquites (*Prosopis velutina*), chiltepín (*Capsicum annum var. glabriusculum*), orégano (*Lippia palmeri*), diversas especies de gramíneas y otros agaves.

Aprovechamiento

Cuando la planta llega a su madurez se extrae del suelo con una barreta metálica, se deshoja con un machete y se tatemán las cabezas o piñas en un horno rústico excavado en el suelo. Luego se desmenuza y se pica en trozos con machete, se tritura con una máquina rústica y se extrae el jugo. A continuación se fermenta y después de varios días el líquido llamado saite se destila en un alambique muy sencillo recuperando el líquido destilado en un depósito, luego se vuelve a destilar, así se obtiene el bacanora.

El bacanora es un mezcal fuerte y se considera la bebida tradicional de Sonora. Acostumbran beberlo tanto en pequeñas reuniones familiares como en los eventos sociales importantes. Durante muchos años, desde principios del siglo XX hasta fecha reciente, la producción estuvo confinada a sitios apartados de la Sierra de Sonora, era un licor elaborado a la luz de la luna y cuyo consumo tenía lugar bajo el propio riesgo del consumidor (Bahre y Bradbury, 1980).

En poco menos de dos décadas la industria del mezcal bacanora ha tenido avances espectaculares en todos los aspectos relacionados con el aprovechamiento, cultivo y la producción. Existen asociaciones de productores de maguey y bacanora, la Denominación de Origen que ampara a 35 municipios de Sonora (2000), la Norma Oficial Mexicana para el control de calidad del producto NOM-168-SCFI- 2004, el Consejo Sonorense Promotor de la Regulación del Bacanora (2006), la Ley de Fomento para la Producción, Industrialización y Comercialización del Bacanora (2008), y algunas industrias dispuestas a invertir para la producción de Bacanora de calidad.

Entre estas destaca CASA TETEKAWI S.A. de C.V. cuyo proyecto es muy incluyente pues involucra a productores del sur de Sonora, recolección de agave silvestre, establecimiento de plantaciones comerciales, transferencia de tecnología para capacitación de productores por es-

pecialistas en *Agave angustifolia* Haw., la participación de investigadores de diversas instituciones en diversos aspectos del proyecto y estudiantes de la maestría en agronegocios del ITSON (Instituto Tecnológico de Sonora). Esta industria prevee que en 10 años tendrá una producción mensual de 10 000 l/mes lo cual generará ganancias para todos los eslabones de la cadena de valor. Según Peña y Torres (2009) socias de la empresa, se tiene la visión de lograr establecer una compañía líder en producción, destilado, añejamiento, distribución y venta de bacanora, por medio de productos de alto valor agregado destinados al mercado nacional e internacional.

Denominación de Origen del Bacanora

El 6 de noviembre de 2000, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Declaratoria General de Protección de la Denominación de Origen Bacanora, para proteger a los productores de esta bebida alcohólica regional del estado de Sonora. Ese nombre se deriva del municipio de Bacanora, localizado al este de Hermosillo, capital de Sonora.

La denominación de origen incluye a los municipios siguientes: Bacanora, Sahuaripa, Arivechi, Soyopa, San Javier, Cumpas, Moctezuma, San Pedro de la Cueva, Tepache, Divisaderos, Granados, Huásabas, Villa Hidalgo, Bacade, Huachi, Nacori Chico, Huachinera, Villa Pesqueira, Aconchi, San Felipe de Jesús, Huépac, Banamochi, Rayón, Baviácora, Opodepe, Arizpe, Rosario, Quiriego, Suaqui Grande, Onavas, Yécora, Alamos, San Miguel de Horcasitas, Ures, Mazatlán y La Colorada. Todos comprendidos en el estado de Sonora, el cual se caracteriza por su tradición en la elaboración de "Bacanora".

El Estado Mexicano será el titular de la denominación de origen, y esta solo podrá usarse mediante autorización que expida el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

Norma Oficial de Calidad del Bacanora

La Secretaría de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, emitió la Norma Oficial Mexicana NOM-168-SCFI-2004, Bebidas Alcohólicas - Bacanora - Especificaciones de elaboración, envasado y etiquetado para protección del consumidor. La NOM tiene por objeto establecer las características y especificaciones que debe cumplir la elaboración, envasado y comercialización del Bacanora. Se aplica a la bebida que se elabora a partir del *Agave angustifolia* Haworth en el Área de Denominación de Origen del Bacanora. Para los efectos de aplicación de la Norma destacan las siguientes definiciones.

Bacanora. Bebida alcohólica original del estado de Sonora, México, obtenida por destilación y rectificación de mostos, preparados directa y originalmente con los azúcares extraídos de la molienda de las cabezas maduras de *Agave angustifolia* hidrolizadas por cocimiento y sometidas a fermentación alcohólica con levaduras. El Bacanora es un líquido que, de acuerdo a su tipo, es incoloro o amarillento cuando es madurado en recipientes de madera de roble blanco o encino, o cuando se aboque sin madurarlo.

Abocamiento. Procedimiento para suavizar el sabor de las bebidas alcohólicas, mediante la adición de aditivos permitidos por la SSA, en la NOM-142-SSAI vigente.

Bacanora blanco. Producto cuya graduación alcohólica comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución.

Bacanora joven u oro. Producto susceptible a ser abocado, cuya graduación alcohólica comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución. El resultado de las mezclas de Bacanora blanco con Bacanoras reposados y/o añejos se considera como Bacanora joven u oro.

Bacanora reposado. Producto susceptible de ser abocado, que se deje por lo menos dos meses en recipientes de madera de roble o encino, cuya graduación alcohólica comercial debe, en su caso, ajustarse con agua desmineralizada, potable o destilada. En mezclas de diferentes Bacanoras reposados, la edad para el Bacanora resultante es el promedio ponderado de las edades y volúmenes de sus componentes.

Bacanora añejo. Producto susceptible de ser abocado, sujeto a un proceso de maduración de por lo menos un año en recipientes de madera de roble o encino, con capacidad máxima de 200 litros y con una graduación alcohólica comercial que debe, en su caso, ajustarse con agua potable o destilada. En mezclas de diferentes bacanoras añejos, la edad para el bacanora resultante es el promedio ponderado de las edades y volúmenes de sus componentes.

Control de Calidad

El Bacanora debe cumplir con diversos parámetros físico-químicos para asegurar su calidad. Las empresas con mayor capacidad de producción contratan el servicio de análisis con un laboratorio externo el cual emite un certificado de calidad. Este debe ser supervisado por un organismo de Certificación acreditado y aprobado. La calidad del Bacanora se supera cada vez más, gracias a la supervisión y apoyo del Consejo Regulador del Bacanora. En el año 2010 este organismo apoyó la salida del primer lote de exportación de Bacanora a los Estados Unidos de América y también la elaboración de la primera crema de Bacanora. En este año se estimó en 350 mil litros la producción anual de Bacanora en Sonora, y 52.5 millones de pesos el valor estimado de la producción (Sánchez, 2010).

Cultivo

Al igual que ha sucedido con otros agaves cultivados, el bacanora está ya por el camino de la domesticación y cultivo, aspectos en que algunas instituciones como INIFAP, CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo) en Hermosillo, Son. y CESUES (Centro de Estudios Superiores Universitarios del Estado de Sonora) han logrado importantes avances en este sentido. En noviembre de 2009, se visitó la región de Moctezuma, Son. donde conocimos varias innovaciones al respecto, logradas por investigadores de INIFAP y la UNISIERRA (Universidad de la Sierra de Sonora), que se describen a continuación.

Se inicia con el establecimiento de un vivero bajo condiciones de invernadero, mediante

siembra directa de semilla seleccionada, en surcos y a distancia de 10 cm. Luego de la germinación que sucede en pocos días, los pequeños agaves inician su crecimiento, se les dan cuidados culturales como deshierbes, escardas y riego cada ocho días. Las plantas se desarrollan y están listas para ser trasplantadas al siguiente año.

En el campo, los agaves se establecen entre mezquites, palo verde y pastos, prácticamente un ecocultivo. El desmonte es mínimo, consiste en aclareo y desmonte selectivo de especies inútiles o indeseables.

La plantación se establece aprovechando la época de lluvias de la región que es alrededor de 500 mm anuales, característica de diversas localidades cercanas a Moctezuma, Son.

Se han establecido varias plantaciones comerciales y la cosecha se tiene prevista para un ciclo alrededor de 7 a 8 años, al cabo del cual serán cosechadas para su procesamiento con nuevos sistemas industriales y de destilación que serán establecidos por los productores de la región. Mientras crecen las plantas, la producción de bacanora continúa a nivel doméstico para mantener la tradición de este mezcal tradicional de Sonora. Este es otro buen ejemplo de cómo a través de sus investigaciones, la ciencia y la transferencia de tecnología aportan conocimientos que contribuyen al desarrollo regional pues en un futuro próximo este producto será colocado en el mercado nacional e internacional bajo estrictas normas de calidad. De acuerdo con Núñez(2001) la producción de mezcal bacanora es una oportunidad económica para el Estado de Sonora.

3.1.7. Sotol, *Dasyllirion cedrosanum* Trelease (Ruscaceae)

Introducción

Anteriormente, el sotol pertenecía a la familia de las Liliaceae, a partir de 1963 se incluyó en las Agavaceae. Matuda y Piña (1980), lo incluyen junto con *Yucca*, *Nolina* y *Agave* en la misma familia. Pero recientemente se clasificó en la Ruscaceae.

Historia y Origen. El Sotol “del Nah Tzotollin” es una planta nativa de las regiones áridas del norte de México. Los indios le atribuyen movimiento propio.

El uso del sotol por el hombre data de los tiempos precolombinos, la parte central y más tierna del bulbo la usaban los nativos de Arizona como alimento humano. Fue usado por los habitantes de las cuevas de los Ríos Grande y Pecos quienes hacían una harina del centro tierno cocinado. También se sabe que lo usaron los lipanes, pápagos y tarahumaras, no sólo como alimento, sino también fermentado para obtener una bebida alcohólica y las hojas para manufacturar canastos, sandalias y sombreros.

La producción de sotol en el estado de Coahuila data de principios del siglo XIX, cuando en 1908 se estableció una vinata en Parras de la Fuente, Coahuila, que produjo sotol por más de 40 años. Posteriormente se establecieron más empresas dedicadas a la producción y venta de sotol en 1940, 1960 y 1982.



Figura 3.56. El “sotol” *Dasyliirion palmeri* es una *Ruscaceae*. Muestra sus hojas arrosetadas alrededor del tronco; sus flores dispuestas en una panícula alargada. Cerca de Velardeña, Dgo.

Descripción botánica

Es una planta xerófila, arbustiva provista de tronco cilíndrico y grueso de un metro o menos, con rizoma subterráneo, hojas delgadas estrechas y alargadas con muchas espinas en sus márgenes y terminando en la punta con el mucrón, es una planta dióica, sus flores son trimeras dispuestas en una inflorescencia, cuyo eje central en México es llamado quiote como el del maguey. La planta se reproduce por semilla, el fruto es una cápsula dehiscente, florece cada año excepto cuando se presenta una sequía prolongada. Se han clasificado por lo menos quince especies del género *Dasyliirion*, casi todas tienen alguna utilidad, pero en este estudio sólo nos referimos a *D. cedrosanum*, *D. palmeri* y *D. acrotriche* (Fig. 3.56).

Datos ecológicos

Las regiones donde se desarrolla, naturalmente el sotol corresponde a regiones semiáridas montañosas bajas, de matorral xerófilo (Fig. 3.57). La altura sobre el nivel del mar fluctúa entre 800 y 2,400 mts, los inviernos son secos con temperaturas que no bajan de 10° bajo cero y los veranos suaves, con temperaturas máximas de 33°C. La estación lluviosa se presenta en el verano, con lluvias más generalizadas en el otoño que coinciden en la estación de huracanes en el Golfo de México. La precipitación pluvial fluctúa entre los 250 mm y 700 mm al año.



Figura 3.57. Las plantas de “sotol” *Dasyilirion palmeri* y *Dasyilirion cedrosanum* son típicas de muchas localidades en los pies de montes, en los estados del Norte de México. Crecen bien en suelos someros con araciones rocosas y pedregosas. Minas de Cobre; cerca de Velardeña en Cuencamé, Dgo.

Forma de vida

El sotol lo encontramos en agrupaciones de simplicicaule, por lo que es común encontrarlo asociado con otras plantas como las palmas o izotes y la lechuguilla, con pastizales de especies de *Bouteloua* sp., *Andropogon*, *Aristida* sp., *Eragrostis* sp. *Muhlenbergia* sp. etc. y otros matorrales xerófitos (Figura 3.58).

Tipo de suelo

Las agrupaciones de sotol las podemos observar en terrenos accidentados, sobre planicies, en laderas y cerros. (Fig. 3.57). Por lo general, los suelos donde crece mejor son los típicos de zonas áridas, calizos, pedregosos y arenosos.

Elaboración del Sotol

Un uso importante de esta planta, consiste en su empleo como materia prima en la elaboración de la bebida alcohólica conocida con el mismo nombre de “Sotol” para tal objeto se sigue un procedimiento análogo al del mezcal. Se emplean para la manufactura las “cabezas” o “piñas” del sotol (*D. cedrosanum* y *D. palmeri*) o sea la parte central de la planta consistente del tallo y las porciones basales de las hojas. Mediante un proceso de cocción prolongada en hornos, se hidrolizan los azúcares complejos que pasan al estado de manosas. Acto seguido se trozan y se muelen las piñas para luego exprimirla la “miel” que a su vez se somete a fermentación. El producto fermentado se destila con el fin de purificarlo, transformándose en un líquido llamado aguavino, que se vuelve a destilar y da como resultado un líquido transparente con un contenido de alcohol de 38°GL que viene a ser el “sotol” que se expende en el comercio (Figs. 3.59 a 3.61).



Figura 3.58. El sotol se asocia con diversas plantas; entre ellos la lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y el guayule (*Parthenium argentatum*). La Saucedá; Ramos Arizpe, Coah.

En los Estados del norte como Chihuahua, Coahuila y Durango es muy común encontrar “vinatas” en poblaciones donde crece esta planta en forma nativa. Actualmente existen varias vinatas e industrias que envasan el sotol en localidades tales como Torreón y Parras, Coah., Cuencamé, San Juan de Guadalupe, Simón Bolívar, Indé, Mapim´ y Peñon Blanco, Dgo.; Coyame del Sotol y Parral, Chih., etc.

Aprovechamiento, Transporte y Almacenamiento de Sotol *Dasyilirion* spp.

El aprovechamiento, transporte, almacenamiento y transformación de la planta de sotol *Dasyilirion* spp. para la producción de Sotol u otros usos, se sujetarán a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente y la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento.

Denominación de Origen

La Declaración de Protección a la Denominación de Origen Sotol, fué emitida por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial y la Secretar´a de Econom´a, considerando el interés jur´dico de los gobiernos estatales de Chihuahua, Coahuila y Durango, para procurar el mejoramiento de las industrias productoras de *Dasyilirion* y la destilación del sotol, el aprovechamiento integral de los recursos naturales, y el impulso a las actividades económicas tradicionales. El nombre de la Denominación de Origen es Sotol y ampara todos los municipios de Chihuahua, Coahuila y Durango. Respecto a la región donde crece el sotol, señala que, en todos los municipios de Coahuila, el sotol crece de manera silvestre, ya que existe una extensión considerable que comprende la zona de los Charcos de Figueroa, del municipio de Ocampo, se prolonga al Este

y al Sur de la Sierra Hermosa de Santa Rosa, hasta Puerto Aura y de la Hacienda de Carrizalejo, al Norte de El Berrendo, Coah., se extiende otra zona de sotol que continúa hasta la Presita, al norte del Puerto del Aire. También se extiende una gran area de sotol a 25 kilometros al Este de Castaños, Coah. bordeando la Sierra Madre Oriental, de la que ocupa extensos lomeríos. En algunas de estas regiones se le ha explotado en vinatas.

Norma Oficial de Calidad para el Sotol

A fin de garantizar la seguridad y proteger los intereses del consumidor, la Secretaría de Economía por conducto de la Dirección General de Normas, emitió la Norma Oficial Mexicana NOM-159-SCFI-2004, Bebidas Alcohólicas - Sotol - Especificaciones y Métodos de Prueba, el 24 de mayo de 2004.

Esta Norma se aplica a todos los procesos y actividades relacionados con la producción, envasado, comercialización y prácticas comerciales vinculadas a la bebida alcohólica denominada Sotol. Las plantas para su producción deberán ser obtenidas de poblaciones naturales o cultivadas en la zona de Denominación de Origen. Además debe cumplirse con todas las Normas adicionales, relacionadas al proceso, incluyendo la Norma Mexicana NMX-046-NORMEX-2002-Denominación, clasificación, definiciones y terminología.

Entre las definiciones sobresalen.

Sotol. Producto que se obtiene de la destilación y rectificación de mostos, en cuya formulación se han adicionado hasta una proporción no mayor de 49% de azúcares distintos a los de la molienda, extraídos dentro de las instalaciones de la fábrica, de las cabezas maduras de sotol *Dasyliirion* spp. previa o posteriormente hidrolizadas o cocidas y sometidas a fermentación alcohólica con levaduras cultivadas o no, aclarando que no están permitidas las mezclas en frío.

Abocado. Procedimiento para suavizar el sabor del sotol, mediante la adición de uno o más de los siguientes ingredientes: color caramelo, extracto de roble o encino natural, glicerina, jarabe o base de azúcar.

Añejamiento. Proceso de envejecimiento al que se somete una bebida alcohólica que permanece por lo menos un año en barricas de roble blanco o encino, según el tipo de bebida.

Tipos de sotol

Sotol blanco. Producto cuya graduación alcohólica comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución.

Sotol joven. Producto susceptible de ser abocado, cuya graduación comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución. El resultado de las mezclas de sotol blanco con sotol reposado y/o añejo de 1 a 2 meses, se considera como sotol joven u oro.

Sotol reposado. Producto susceptible de ser abocado, que se deja por lo menos dos meses en recipientes de madera de roble o encino, cuya graduación alcohólica comercial debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución. En mezclas de diferentes sotoles reposados, la edad para el sotol



Figura 3.59. Para la elaboración del sotol se utilizan las “cabezas” o “piñas” de la planta de igual nombre. Se someten a un proceso de tatemado, picado y fermentación para obtener finalmente un destilado semejante al mezcal o tequila. Cuencamé, Dgo., 2005.

resultante es el promedio ponderado de las edades y volúmenes de sus componentes.

Sotol añejo. Producto susceptible de ser abocado, sujeto a un proceso de maduración de por lo menos un año en recipientes de roble o encino, cuya capacidad máxima sea de 210 litros y con una graduación alcohólica comercial que debe, en su caso, ajustarse con agua de dilución. En mezclas de diferentes sotoles añejos, la edad para el sotol resultante es el promedio ponderado de las edades y volúmenes de sus componentes.

Uso como forraje

El sotol resulta un buen sustituto de los forrajes verdes de cultivo, especialmente en la época de sequía y durante el invierno. Algunas de las ventajas que tiene son su bajo precio de adquisición, poco trabajo para ponerla a disposición del ganado y buena aceptación por parte de los animales. En general puede considerársele como un forraje tosco con apreciable contenido de materias nutrientes.

Sus bulbos basales o cabezas subterráneas constituyen un forraje succulento durante las prolongadas sequías que ocurren en las tierras de donde es nativo. Algunos ganaderos usan el sotol solo en sequías excepcionales, como única salvación, cuando ocurren muertes por hambre en sus ganados, otros lo usan en invierno para ayudar a mantener en buenas condiciones el ganado antes de la llegada de las primeras lluvias. En todos estos casos el sotol es picado en el campo quitándole primero con un hacha las hojas espinosas, luego partiendo y separando el eje bulboso succulento y fibroso en sus bases anchas y gruesas.

En el rancho Australia, municipio de Cuatrociénegas, Coah., se pudo observar al ganado bovino comiendo con avidez, frutos secos (cápsulas aladas) de sotol *Dasyilirion berlandieri*.

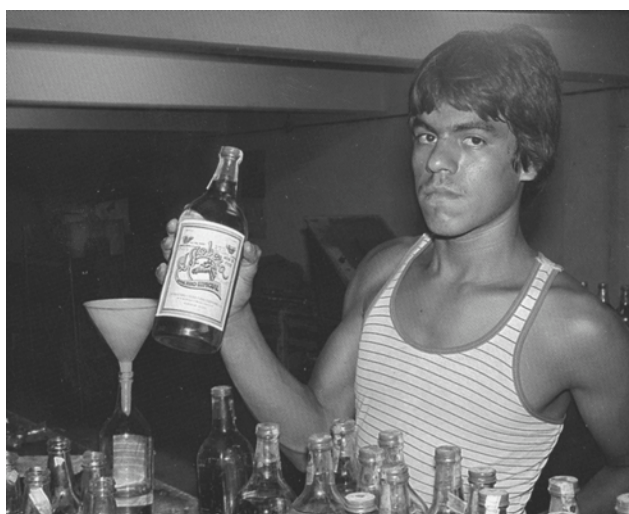


Figura 3.60. Actualmente existen varias vinatas e industrias que envasan el sotol, en localidades tales como Torreón y Parras, Coah., Cuencamé, Dgo., etc.

Composición química

Pocos análisis químicos se han hecho pero éstos indican que se trata de un forraje de alto contenido de hidratos de carbono y fibra cruda (Cuadro 3.15). El contenido de proteína es más bien pobre (Cuadro 3.16). En las épocas en que se usa, generalmente se encuentran agudas deficiencias de vitamina A y es importante anotar que el bulbo del sotol, que es lo que se utiliza para forraje es muy pobre en caroteno, no así las hojas de sotol que se pueden usar para forraje. Sin embargo, algunas ocasiones los animales comen estas hojas y las espinas pueden causarle graves daños en el esófago. Como resultado de experimentos efectuados, De Alba (1983), concluye que el sotol es un forraje de emergencia de valor limitado por su alto contenido de fibra pero por su bajo costo por unidad de carne o leche producida es de gran utilidad práctica donde crece en forma natural. Este forraje es recomendable para animales adultos por su eficiencia en el buen masticamiento de la fibra dura, pero no es recomendable darlo a vaquillas jóvenes y animales excesivamente viejos, porque les puede provocar “ensotolamiento”, que consiste en una acumulación gradual de fibras de sotol en la panza del animal. Los síntomas conocidos son un exceso de rumia y tardan 100 a más masticaciones en cada bolo rejurgitado, después se presenta una diarrea y por último la muerte.

Otros usos

Las hojas de varias especies de sotol se usan en escala doméstica para tejidos de petates, sombreros canastas, sopladores de fuego etc., así también como planta ornamental. Un uso local de cierta importancia económica para algunas personas fue apreciado por el autor en 2001, en



Figura 3.61. El sotol es una bebida típica muy popular en el Norte de México, sobre todo en Chihuahua, Coahuila y Durango. Sin embargo, sería factible pensar en el uso futuro del alcohol para otros fines y no sólo como bebida alcohólica.

Zacatecas, Fresnillo y Río Grande, Zac., así como en San Luis Potosí, consistente en la utilización de la base de las hojas para fabricar coronas y ofrendas con motivo del día de los muertos (2 de noviembre); como se observa en la Fig. 3.62.

Además, algunas especies se utilizan como ornamentales, por ejemplo *Dasylyrion acrotriche* propia de San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro y Veracruz (Fig. 3.63).

Situación actual y perspectivas del sotol

Desde principios del siglo XX hasta los años ochentas el sotol considerado como el licor típico del norte de México; fue un producto elaborado de manera un tanto clandestina y vendido en las vinatas regionales en cantidad limitada. Sin embargo, al igual que el tequila y el mezcal su fama fue creciendo, dando lugar a una mayor demanda y mercado creciente.

Fue así como surgieron algunas marcas comerciales que se colocaron en algunas ciudades del norte como Chihuahua, Torreón, Gómez Palacio y Durango, así como poblaciones menores como Parras, Coah., Cuernavaca, Bermejillo, Dgo. y otras.

Al crecer la demanda de sotol y disminuir las fuentes de abastecimiento de materia prima nace la necesidad de establecer plantaciones comerciales. Algunos investigadores de la Universidad de Chihuahua han obtenido experiencias y conocimientos sobre técnicas de cultivo y producción de sotol bajo riego, para transferir la tecnología a los productores sotoleros (M. Olivas, comunicación personal 2011). Empresas entre ellas VINOMEX de Chihuahua y otros productores de sotol están interesados en mantener o incrementar la disponibilidad de “cabezas” de sotol para sus industrias.

Actualmente, VINOMEX tiene presentaciones de alta calidad de sotol. Una de ellas es un sotol reposado de triple destilación que ofrece al mercado de exportación que lo puede pagar.

Cuadro 3.15. Análisis químico en varios órganos de diversas especies de sotol. Porcentajes.

Especie	Parte analizada	Proteína disp.	Proteína total	Grasa	Fibra cruda	HC	Agua	Ceniza	Calorías
<i>D. texanum</i> ¹	hs	-	6.61	1.97	36.2	45.1	7.3	2.8	-
<i>Dasyllirion</i> spp ²	bf	0.9	1.7	0.5	6.7	10.4	60.3	2.0	-
<i>Dasyllirion</i> spp ³	bf	2.3	31.0	0.8	11.3	26.20	56.3	2.3	-
<i>Dasyllirion</i> spp ³	bs	5.2	6.2	1.7	26.1	57.2	4.2	4.6	25.0
<i>Dasyllirion</i> spp ³	hs	0.6	4.8	2.0	40.0	40.3	8.2	4.7	20.0
<i>Dasyllirion</i> spp ³	hv	0.4	3.2	1.5	22.4	24.1	46.5	2.3	12.0
<i>Dasyllirion</i> spp ⁴	bs	-	3.6	2.6	25.0	59.6	4.9	4.5	-

hs = hojas secas
 bf = bulbos frescos
 bs = bulbos secos
 hv = hojas verdes
¹ Texas, Bull. 586
² Morrison
³ Fraps
⁴ Foster and Humble
 *García S.A. 1968.

Cuadro 3.16. Análisis químico del bulbo del sotol efectuado en la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" Saltillo, Coahuila, México.*

Renglón	Parte del Bulbo		
	Exterior	Media	Interior
Humedad	66.3 %	69.7 %	70.9 %
Cenizas	1.3 %	1.2 %	1.2 %
Grasas	0.4 %	0.4 %	0.4 %
Proteína total	4.5 %	4.3 %	4.3 %
Celulosa	12.3 %	10.1 %	9.2 %
Azúcares	14.8 %	14.3 %	14.0 %
Materia seca	33.7 %	30.3 %	29.1 %

*García S.A. 1968.



Figura 3.62. Vistasas ofrendas confeccionadas con las bases de las hojas del sotol. Dan gran realce y colorido a la celebración del día de muertos, en ciudades grandes y pequeñas como San Luis Potosí, S.L.P., Río Grande, Zac., y la que se ilustra en Zacatecas, Zac.

No es menos atractivo y de buena calidad el Sotol Reposado que se ofrece al mercado nacional.

La buena aceptación del sotol ha estimulado el crecimiento de esta industria, que está evolucionando rápidamente. Además hace pocos años, la Universidad Regional del Norte (URN) en la ciudad de Chihuahua, participó en un proyecto con un grupo de productores de sotol de la población llamada ahora Coyamé del Sotol (cerca de la frontera entre Ojinaga, Chih. y Presidio, Texas) para promover la industria del sotol, solicitando la denominación de origen para esa región de Chihuahua. Sin embargo, considerando que el sotol se produce también en varias localidades de los estados de Coahuila y Durango, en esa época se sugirió al Ing. Jorge Castillo que fungía como delegado de la SEMARNAT, que para tal efecto se consideraran las regiones productoras de esos estados como parte de la región productora de sotol, lo cual finalmente fue aceptado y después gestionado por los funcionarios de los gobiernos de Chihuahua, Coahuila y Durango.

Así, como se mencionó anteriormente, en 2005 se expidió el Decreto de Denominación de Origen para el Sotol y se integró el Consejo Mexicano Regulador del Sotol, A.C., lo cual ha sido un fuerte incentivo para los productores e industriales del producto. Estos están dispuestos a



Figura 3.63. *Dasyliirion acrotriche* especie particularmente bella. Proporciona un hermoso motivo de ornamentación en la arquitectura de cualquier paisaje, sitio o construcción, se encuentre o no en una región árida o semiárida.

establecer planes de manejo en predios donde crece el sotol *Dasyliirion cedrosanum* y *D. palmieri*, de manera natural, o bien a establecer plantaciones para incrementar la disponibilidad de materia prima y lograr un sistema de producción sustentable.

Recientemente en julio de 2010 se realizó la Expo Sotol, Tequila, Mezcal y Bacanora organizada por el C.M.R. del Sotol y el Gobierno del Estado de Chihuahua a fin de promover esta bebida regional a nivel nacional. Se contó con la asistencia de alrededor de 70,000 personas.

También en el 2010 se estableció el Museo del Sotol cerca de ciudad Aldama, Chih. en el cual se han reunido documentos, testimonios, fotografías, muestras de sotol, etc. a fin de dar a conocer a turistas y visitantes, aspectos relevantes acerca de esta interesante planta, sus productos e importancia económica para el estado de Chihuahua.

3.1.8. Nopal de Castilla, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (Cactaceae)

Introducción

Las cactáceas aunque en lo general son, por sus caracteres de organización, estructuralmente semejantes a las demás dicotiledóneas presentan hábitos y estructuras anatómicas que les imparten una fisonomía particular (Bravo, 1978).

Todos los nopales están comprendidos en la familia de las cactáceas, estas plantas son originarias de América, en donde se encuentran distribuidas desde la provincia de Alberta en Canadá, hasta la Patagonia en Argentina. Se les encuentra principalmente en las zonas desérticas del Sur de los Estados Unidos, en las de México y en las de América del Sur.

De los 125 géneros que comprende esta familia, 61 están representados en nuestro país, 31 en el Sur de los Estados Unidos y 51 en América del Sur. La mayoría de los géneros y especies norteamericanos son distintos a los de América del Sur y solamente algunos géneros como *Opuntia* son comunes en América del Norte y del Sur. Este género posee un número análogo de especies en el norte y en el sur del continente.

De la distribución de géneros y especies se deduce que las cactáceas se han desarrollado más en Norteamérica y que la mayor densidad corresponde a México.

Considerando la carencia de fósiles, la gran variabilidad de las especies, la distribución localizada de otras muchas y la gran cantidad de formas de transición se estima que las cactáceas forman una familia de reciente diferenciación filogenética.

Arborescentes, de 3 a 5 m de alto o más. Tallo leñoso bien definido de 60 cm a 1.50 m de altura y 20 a 30 cm de diámetro. Artículos oblongos hasta largamente obovados, de 30 a 60 cm de largo y 20 a 40 cm de ancho y 1.9 a 2.8 cm de grueso, color verde opaco; integran ramas de varios artículos que forman una copa muy ramosa. Aréolas distantes separadas entre sí como 2 a 5 cm, pequeñas, angostamente elípticas, de 2 a 4.5 mm de largo, 3 mm de ancho. Espinas casi siempre ausentes, cuando existen son escasas y pequeñas, glóquidas más o menos numerosas, amarillas, caducas. Flores de 7 a 10 cm de diámetro y como de 6 a 8 cm de largo; segmentos exteriores del perianto ovados hasta ampliamente cuneados, obovados, agudos hasta truncados, enteros, mucronados o denticulados, amarillos con la porción media rojiza o verdosa; segmentos interiores del perianto angostamente cuneados, truncados hasta redondeados, enteros, mucronados o denticulados, amarillos hasta anaranjados; pericarpelo con algunas espinas pequeñas, caducas, fruto oval, de 5 a 10 cm de largo y 4 a 8 cm de diámetro, amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo, con abundante pulpa carnosa (Figs. 3.64, 3.65).

Adaptación. Bravo (1978) hace notar que el tipo de adaptación del nopal es la llamada "suculencia" que se caracteriza por un exagerado desarrollo de los elementos parenquimatosos que permanecen distendidos y turgentes.

Diversas investigaciones de Nobel (2010) confirman que los nopales y los agaves tienen una apertura estomática nocturna que les permite ahorrar agua, tomar CO₂ durante la noche y realizar una forma particular de vía fotosintética, la CAM, (metabolismo ácido de las crasuláceas,

que hace referencia a la acumulación de ácidos orgánicos durante la noche, por algunas especies de plantas, y a que se descubrió este metabolismo en crasuláceas) para sintetizar sus alimentos.

Debido a que la epidermis es gruesa y cerosa, protege a la planta de transpiraciones rápidas, conservando agua en una proporción de un 90 %.

Clima. Están bien adaptados al clima BS. La temperatura media óptima a la que prospera el nopal está entre 18 y 26°C, temperaturas de 10°C bajo cero lo afectan, sobre todo si el cultivo es joven, sin embargo, parece ser que hay algunas especies y clones que tienen resistencia a las heladas. Lozano (1958), especifica que la latitud no debe pasar de los 40 grados y la altitud donde prospera mejor es entre 800 y 2500 m.s.n.m. aun cuando se le puede encontrar excepcionalmente al nivel del mar (Yucatán); sin embargo, los nopales del Estado de Nuevo León se desarrollan muy bien en altitudes menores de las citadas.

En cuanto a las temperaturas medias anuales el nopal se desarrolla bien a 11.2°C en Las Vigas, Veracruz; hasta 27.1°C en Acapulco, en lo referente a la precipitación crece con lluvias anuales de 116.2 mm, en Ixmiquilpan, Hgo., hasta 1804.4 mm en Teziutlan, Puebla.

Según Lozano (1958) los vientos del norte le dañan mucho, y los vientos marinos perjudican la floración por su alta salinidad.

Suelo. El nopal crece en la mayoría de los suelos con tal que tengan humedad, a excepción de los terrenos arcillosos y compactos; se desarrolla mejor en suelos arenosos, calcáreos, poco profundos.

Al nopal se le puede plantar en terrenos pedregosos en donde se establece desordenadamente, siguiendo la topografía del lugar.

La presión selectiva ambiental ha determinado la adaptación de las diferentes especies a determinados climas y suelos, así por ejemplo: *Opuntia chrysacantha* y *O. lindheimeri*, se desarrollan en suelos profundos, por el contrario, *O. stenopetala* (nopal serrano) prospera en laderas calizas.

Distribución

Ampliamente cultivado en el altiplano mexicano, desde épocas prehispánicas y en Puebla, Oaxaca, Estado de México y otros estados. Los frutos y artículos tiernos son comestibles. Se desconoce el lugar de su origen, aunque se cree que es nativa de México donde existen numerosas formas hortícolas e híbridas.

Fue uno de los primeros nopales llevados a Europa en la época de la conquista en donde se cultivó y aclimató especialmente en el litoral del Mediterráneo. En España se le dio el nombre de "chumbo" y a sus frutos "higos de las indias"; los árabes lo llamaron "higos de los cristianos"; los moros propagaron esta especie por el norte de África.

Britton y Rose opinan que este nopal es una forma inerte de especies relacionadas con la serie *Streptacanthae* y que su colocación en una serie especial es solamente "a matter of convenience", Bravo Hollis (1978).



Figura 3.64. Plantación de nopal de Castilla, *Opuntia ficus-indica*, para producción de tunas. Cerca de Sta. Maria Tecajete, Hgo.

Estudios químicos de nopales

Villarreal *et al.* (1963) estudiaron algunas propiedades químicas generales de 6 especies de nopales y de 2 variedades. A continuación se mencionan los nombres y las descripciones que los autores hacen de las especies y variedades estudiadas, con fines de comparación.

Opuntia amyclaea Tenore (sinónimo de *O. megacantha*, o forma hortícola de ésta especie, Bravo, 1978). “Nopal tuna fafayuco”, “nopal tuna de Alfajayucan”. Planta apreciada particularmente, tanto porque su fructificación es muy abundante como por el sabor agradable de los frutos. Es común en el Estado de Hidalgo, cultivándose en Alfajayucan y en varias localidades de Guanajuato y San Luis Potosí. Fue colectada en Ocampo (Gto.), y lo anotan en sus datos como fafayuco.

Opuntia ficus-indica (L.) Miller, “nopal tuna apastillada”, “nopal de Castilla”, “tuna mansa”. Es una de las especies que produce los frutos más agradables y sus pencas no tienen espinas. Se encuentra cultivada en casi todo el país, lo colectó en Ocampo, Gto. y lo anota en sus datos como “apastillada”.

Opuntia ficus-indica (L.) Miller var., “nopal de tuna verde” sus características quedan dentro de la especie indicada, posiblemente como variedad. Las areolas tienen o no de 1 a 3 espinas pequeñas. Procede de los alrededores de Escobedo (Coah.) y se anota en los datos como verde.

Opuntia megacantha Salm-Dyck, “nopal de tuna amarilla”, “nopal de Castilla”. Es la planta de espinas muy grandes y fruto muy apreciado. Existe cultivada en la Altiplanicie y debido a su



Figura 3.65. Flor de nopal forrajero, *Opuntia ficus-indica*, cv. Chapingo II.

importancia se le ha llevado a muchos otros lugares del país. Fue obtenida en Escobedo, Coah. y se anota en los datos como amarilla.

Opuntia robusta Wendland, “nopal camueso”, “tuna camuesa”, es una especie muy vigorosa, con pencas grandes y gruesas. Se encuentra en los Estados del centro de la República. Se colectó en Ocampo (Gto.) y se anota en los datos como camuesa.

Opuntia streptacantha Lemaire, “nopal cardón”, “tuna cardona”. Esta especie es una de las más importantes desde el punto de vista económico. Es común en los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Aguascalientes y Querétaro. Procede de Ocampo (Gto.) y se anota en los datos como cardona.

Opuntia spp., “nopal de tuna blanca”. No se ha llegado a la clasificación específica de las variedades “blanca” de Ocampo, Gto. y blanca de Escobedo, Coah.; posiblemente sean la misma especie. Ambas son muy semejantes en sus características morfológicas, pero la planta de Escobedo tiene un número mayor de espinas en las areolas; se anota en los datos como Blanca I la que procede de Ocampo, Gto. y la que fue obtenida de Escobedo, Coah. como Blanca II.

Los resultados del trabajo de Villarreal *et al.* (1963) con estas especies y variedades de nopales se mencionan a continuación (Cuadro 3.17).

El nopal *Opuntia ficus-indica* como forraje

Flores (1977) realizó una investigación del nopal como forraje, las conclusiones obtenidas son:

1. El nopal es un forraje de importancia económica en muchas partes del mundo con precipitaciones bajas.
2. Existe abundante tecnología para su cultivo y su utilización, no así para el manejo de las nopaleras naturales.
3. En México el nopal es un recurso que ha tenido, tiene y tendrá importancia para la ganadería del centro y norte del país.

Cuadro 3.17. Algunas propiedades físicas y químicas de pencas de nopales de varias especies.

Especie (nombre común)	Nombre Científico	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (Kg)	Sólidos Sol. Brix	Sólidos Tot. %	pH	Acidez total (% Ácido citrónico)	Sólidos Sol.
Apastillada	<i>Opuntia ficus-indica</i>	16	11.5	0.117	7.7	13.8	5.10	0.12	64.16
Camuesa	<i>O. robusta</i>	25	15.0	0.472	7.2	12.4	4.78	0.41	17.56
Cardona	<i>O. streptacantha</i>	22	18.5	0.581	7.7	14.7	4.88	0.48	16.04
Fafayuco	<i>O. amyclaea</i>	34	19.0	0.750	8.1	14.6	4.80	0.57	14.21
Blanca I	<i>O. spp.</i>	33	21.0	1000	7.1	12.5	4.80	0.25	28.40
Verde	<i>O. ficus-indica</i>	20	14.5	0.230	7.6	13.1	4.75	0.36	21.32
Amarilla	<i>O. megacantha</i>	29	14.5	0.387	8.6	17.0	4.81	0.20	43.00
Blanca II	<i>O. spp.</i>	23	14.5	0.487	7.3	11.9	4.90	0.31	23.71

Villarreal et al. 1963



Figura 3.66. Plantación de nopal forrajero. *Opuntia ficus-indica*. Centro de Investigaciones Forestales del Noroeste, B.C.S .

4. Es notoria la escasez de investigación sobre el nopal por parte del INIA y el INIP.
5. Si bien el nopal es un forraje “pobre” en nutrientes, al juzgarlo también debe considerarse el costo de producción de esos nutrientes, el consumo que de ellos hace el animal y su bondad como fuente de agua.
6. Los resultados obtenidos al alimentar ganado con nopal, para producir carne y leche, son alentadores para continuar investigándolo (Fig. 3.66).

Este trabajo también incluyó la determinación de la composición química y la digestibilidad aparente del nopal *Opuntia ficus-indica* var. Copena FI, utilizando borregos, con recolección total de heces, en estado de mantenimiento. La composición química del nopal se determinó en los términos que a continuación se proporcionan.

Agua	92.04 %
Materia seca	7.96 %
De la materia seca como	100 %
proteína cruda	4.04
Extracto etéreo	1.43
Fibra cruda	8.94
Extracto libre de nitrógeno	65.67
Total de materia orgánica	80.08
Cenizas	19.92
Total	100.00

La energía bruta se calcula en 3,103,10 cal/g. La digestibilidad obtenida para las categorías enunciadas anteriormente se presenta a continuación:

a) Materia seca	60.56 %
b) Materia orgánica	65.44 %
c) Proteína cruda	63.30 %
d) Extracto etéreo	83.61 %
e) Fibra cruda	
f) Extracto libre de nitrógeno	80.84
g) Energía	71.84

Sus conclusiones fueron las siguientes:

- (a) El nopal es un forraje con gran contenido de agua y por tanto con pobre contenido de materia seca.
- (b) El nopal es un forraje tosco, no por su contenido de fibra (11.20%), sino por su nivel de energía metabolizable ($1.83 = 2.2 \times e 82$).
- (c) Por su energía digestible el nopal debe ser considerado al nivel de los forrajes toscos de la época de escasez; pajas, rastrojos y ensilajes.

Se formularon raciones de costo mínimo, en que el nopal compite con los forrajes disponibles en invierno, en la zona de Chapingo, con los siguientes resultados: El nopal es un forraje que puede intervenir en las raciones de ovejas (secas, gestando, lactando), corderos (aumentando, 100, 200 y 300 g/d'a) y vaquillas en desarrollo y no en las raciones para vacas en producción.

El nopal *Opuntia ficus-indica* var. Copena F-1 (Colegio de Postgraduados de la E.N.A., forrajera -1), seleccionada por el Colegio de Postgraduados de Chapingo, que se menciona en este trabajo, llamó la atención en las observaciones preliminares en los lotes de selección, debido a su rápido crecimiento y ramificación. Posteriormente, dentro de otras seleccionadas se observó que la preferían los roedores y hormigas, lo cual era un indicio de su palatabilidad.

El nopal como productor de tunas

Las especies tuneras son principalmente: *O. megacantha*, (amarilla); *Opuntia amyclaea*, (blanca, variedad hortícola de esta especie); *O. streptacantha*, (cardón); *O. ficus-indica* (de Castilla), *O. robusta* (tapón); *O. hyptiacantha* (memelo).

La superficie cultivada con nopal tunero en México en el 2006 era de 56,100 ha, y el valor de la producción fue de \$2,647,986,600.00. Las superficies, rendimientos medios y producción de tuna por estado en las principales zonas productoras de México se indican en el Cuadro 3.18.

Cuadro 3.18. Superficies, rendimientos medios y producción de tuna por estado en las principales zonas productoras de México, 2006.

Zona y estado	Superficie (ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Producción (t)
Sur Puebla	3,000	20.00	60,000
Centro			
México	15,000	10.00	150,000
Hidalgo	5,000	7.50	37,500
Centro-Norte			
Zacatecas	15,000	7.50	112,500
San Luis Potosí	2,000	5.00	10,000
Guanajuato	1,000	5.00	5,000
Jalisco	2,000	5.00	10,000
Aguascalientes	1,000	2.50	2,500
Estados dispersos			
Querétaro	600	3.00	1,800
Nuevo Len	1,000	3.00	3,000
Durango	300	10.00	3,000
Tamaulipas	100	3.00	300
Otros	1,000	1.00	1,000
TOTALES	56,100	7.07	396,600

Fuente: Flores, 2009. Elaborada por el autor con base en SIACON, 2006 y organizaciones de productores.

En los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Guanajuato y Jalisco, se tenían en el 2006 alrededor de 32 mil hectáreas de plantaciones de nopal tunero. Datos recientes indican que la superficie cultivada de nopal tunero en México es cercana a las 80 mil ha.

En San Sebastián Villanueva, municipio de Acatzingo, Pue. se inició a fines de los años 80 el cultivo de nopal tunero seleccionando variedades de huertos familiares y estableciendo huertos

comerciales. Actualmente (2010), manejan las variedades Villanueva, Cristalina y Roja. Destacan que sus frutos son de alta calidad y tienen alrededor de 60 a 75 % del fruto es pulpa comestible. Su composición es de 12 a 15 % de azúcar (60 % de glucosa y 40 % fructosa). La tuna aporta 47 kcal en 100 g de pulpa, su contenido de vitamina C es bueno.

El rendimiento en frutos del nopal se encuentra relacionado con las especies y las variedades (Blanco Macías, 1966), siendo la más estimada la tuna de "Castilla", la cual se cultiva en la mayor parte de las regiones donde se produce. El rendimiento de esa especie según Blanco Macías (1966) va de 15 a 40 ó más kilogramos por planta.

Además de ser una alternativa económica más rentable que otras actividades agrícolas, el nopal tunero (*Opuntia ficus-indica*) es una opción para detener el deterioro ambiental.

El nopal como productor de verduras o "nopalitos"

La especie *Opuntia ficus-indica*, es la que comúnmente se utiliza para la producción de verdura, aunque en general de las especies tuneras también se utilizan sus brotes con el mismo propósito.

El Colegio de Postgraduados de Chapingo, ha seleccionado la variedad *Copena V-I* para verdura, principalmente por su buena capacidad para la producción de brotes suculentos y sin problemas de acidez.

Grajeda (1978) ha logrado con esta variedad, producciones elevadas de verdura durante la época de más demanda de "nopalitos" como lo es el invierno, mediante forzamiento en túneles de plástico. La producción promedio en estos túneles ha sido hasta de 40 Kg por m., en cortes cada 15 días al tamaño comercial requerido (10 a 15 cm de longitud). La plantación más eficiente es en forma superintensiva con pencas de un semestre de edad a distancias de 10 cm por 25 cm.

García (s.a.) menciona que la época más adecuada para iniciar la plantación de nopal para verdura (en la Altiplanicie) es en abril o mayo poco antes de la temporada de lluvias, esto permite que para octubre o noviembre del mismo año se inicie el corte de nopalitos en condiciones de temporal que es cuando hay buenos precios. Otra época buena de mercado es la cuaresma cuando el nopal tiene una gran producción de brotes. Respecto a la densidad de población este autor recomienda 40 000 plantas por hectárea (un metro entre surco y surco, y 25 cm entre planta y planta), siendo el método de plantación más eficaz el de pencas. Unos quince o veinte días antes de realizar la plantación en el terreno se cortan las pencas, las cuales se colocan a la sombra de un árbol o de un tejabán a fin de que cicatricen y se eviten pudriciones. (El corte puede protegerse con pasta bordelesa (cal 1 kg, sulfato de cobre, 1 kg y de 8 a 10 litros de agua). Debe realizarse una poda de formación dejando dos brotes centrales superiores de la penca inicial a fin de facilitar la cosecha y las limpias. Las Figs. 3.67 a 3.74, ilustran los diferentes aspectos relacionados con el establecimiento y manejo de plantación de nopal para verdura.

El nopal para verdura *Opuntia ficus-indica* se cultiva en casi todo el país, pero tiene mayor importancia en algunos estados. En el 2003, la producción total del cultivo de nopal verdura ocupó el séptimo lugar de la producción agrícola nacional, con 267,385 toneladas en el año,

sólo superado por melón, sandía, cebolla, chile verde, papa y tomate rojo. La presentación, calidad y precio son las principales características que toma en cuenta el ama de casa para comprar nopalitas. Los principales estados productores y superficies cultivadas se mencionan en el Cuadro 3.19.

Cuadro 3.19. Principales estados productores de nopal verdura y superficies cultivadas en México, 2010.

Estado	Superficie (ha)
Distrito Federal	7,500
Puebla	400
Morelos	450
Michoacán	318
Guanajuato	280
Baja California	150
Jalisco	120
Oaxaca	100
Total	9,318

Fuente: AGRONET, 2011.

El consumo promedio de nopalito ha ido en aumento, de 1980 - 1984 fue alrededor de 60 kg/persona, en tanto que en 1992 fue alrededor de 120 kg/persona. Para el 2010 aumentó (no se ha estimado cuánto), gracias a las campañas que promueven el consumo de nopal para reducir la obesidad, el colesterol y los triglicéridos, prevenir la diabetes, favorecer la digestión y otros beneficios para la salud.

Reproducción del nopal

Existen tres tipos de propagación del nopal:

- A. Vegetativo, utilizando pencas.
- B. Por injertos, aquí se disminuye el período de producción.
- C. Por semillas, es bastante tardado para producir pero se utiliza para mejoramiento genético.

El método vegetativo permite mantener las características de los individuos, puede hacerse con porciones de pencas conteniendo una o varias yemas o areolas; este método no es muy recomendable por existir el peligro de pudrición, ya que la herida es de consideración, el porcentaje de enraizamiento es sólo de un 30 % ya que también en algunas ocasiones se deshidratan rápidamente sin que se logre dicho enraizamiento, bajo este método el nopal tarda en producir 4 años o más, pero se simplifica el problema del transporte.



Figura 3.67. Pencas apiladas en forma particular. Al cabo de 3 ó 4 semanas se utilizan para nuevas plantaciones productoras de “nopalitos”. Parte oeste de Milpa Alta (D.F.) en transición con un microclima semiárido.

Barrientos y Brauer (1964) mencionan que las partes medianas de pencas de nopal en cortes transversales y longitudinales llegan a producir raíz después de algún tiempo, predominando el enraizamiento de cortes transversales de la parte superior de las pencas.

Asimismo citan que las pencas completas de nopal colocadas en un medio apropiado enraizan rápidamente, y que efectuando cortes alrededor de partes enraizadas de pencas de nopal y colocándolas en condiciones apropiadas, desarrollan yemas y es posible obtener nuevas plantas. Cuando se usan pencas enteras para la plantación, el peligro de pudrición es menor; puede haber hasta un 95 % y el nopal se desarrolla rápidamente. Cuando hay nopaleras cercanas, que garantizan la fácil adquisición de “semilla” (pencas) para la plantación, se puede hacer ésta por medio de varias pencas unidas (brazos) de tres a ocho o diez pencas. Este es el sistema más recomendable cuando es económicamente posible, en este caso el desarrollo de la planta es más rápido.

Las pencas seleccionadas para la siembra deben tener de 2 a 3 años pues son las que emiten brotes más vigorosos, las de más edad los desarrollan, pero de menor calidad y las más jóvenes no llegan a producirlos, hay que tener cuidado a la hora de la selección para evitar escoger plantas enfermas o facilitar la propagación de enfermedades.

Con respecto a las distancias de plantación, algunos productores opinan que se debe dejar de uno a dos metros entre plantas. Sin embargo, para establecer las distancias de plantación adecuadas, se deberá tomar en cuenta la fertilidad del suelo y la facilidad para las labores de cultivo y cosecha. Se recomienda dejar callejones cada 200 metros que sirvan de camino para facilitar la cosecha.

El rendimiento del nopal depende del suelo, variedad, edad y estado del cultivo; para nopal forrajero se calcula aproximadamente entre 50 y 200 toneladas por hectárea al año.



Figura 3.68. Plantación joven de nopal para la producción de “nopalitos”. Note la distancia entre plantas (25-30 cm); entre hileras se deja 80 cm a 1 m).



Figura 3.69. El agregado de estiércol y pedacería de pencas, promueve una rápida y abundante formación de “nopalitos” (artículos jóvenes).

Un plantío de 25 toneladas anuales de pencas por hectárea es considerado pobre, entre 50 y 75 toneladas al año por hectárea es un cultivo de rendimiento mediano y un cultivo bueno es aquél que da de 100 a 125 toneladas por hectárea al año. Este cálculo es muy relativo, pues, varía de un lugar a otro. Cuando se explota como forraje no se debe cortar más del 40% del peso total de la planta.

Barrientos (1965a) encontró que:

- (a) Los rendimientos de forraje verde son similares cuando se depositan las pencas sobre la superficie del suelo, que cuando se entierran parcialmente, para establecer las plantaciones. Puesto que el primer método es más económico se considera ventajoso su empleo.
- (b) El nopal responde notablemente al estercolado.
- (c) Con densidades de 40 000 plantas por hectárea, en hileras separadas a un metro, con una mínima separación entre plantas (0.25 m) y dos cortes por año, pueden obtenerse alrede-



Figura 3.70. Operación de poda, llamada comúnmente “despencado”. Se realiza para promover la formación de renuevos.

dor de 400 toneladas por hectárea por año, a partir del tercer semestre de establecida la plantación (Fig. 3.68).

El nopal como base para el cultivo de la cochinilla (*Dactylopius coccus*)

Se tienen noticias que desde el tiempo de los aztecas el nopal era muy apreciado por ser la base del cultivo de la cochinilla, insecto que proporcionaba un magnífico colorante para teñir sus trajes y otros innumerables objetos.

Al descubrimiento de América, pronto los españoles reconocieron su importancia, especialmente como base de la industria de los colorantes y con este propósito, entre otros, la transplantaron a diversas partes del mundo como las Islas Canarias, Argelia, Túnez y España. Con el mismo fin, se introdujo en la India y Ceylán y ahí se desarrolló el cultivo de la cochinilla que durante muchos años desempeñó tan valioso papel en la industria de la tinción hasta el descubrimiento de la anilina, colorante sintético que vino a substituir el producido por el insecto.

El pueblo Mixteco en su historia, ha pasado del cultivo de gusano de seda al cultivo de la cochinilla, encontrándose aquí otro aspecto importante del nopal en la economía de numerosas familias durante muchos años hasta el descubrimiento del colorante sintético.

La grana o cochinilla es un producto formado por los cuerpos secos de las hembras adultas de un insecto cuyo nombre técnico es *Dactylopius coccus*. Su aspecto es granular, cada partícula se asemeja a una semilla de cebolla, por su forma mas o menos oval, arrugada, convexa y con algunas estrías. El color varia entre el gris y el negro cuando se ha eliminado la capa de cera blanca que los cubre.

Grana negra: son los cuerpos de los insectos después de haber ovipositado, aproximadamen-



Figura 3.71. Plantación de nopal de Castilla para producción de verdura.

te 130 000 pesan un kilogramo.

Grana blanca o plateada: son los cuerpos de los insectos adultos sin llegar a ovipositar, de los cuales aproximadamente 80 000 pesan un kilogramo, (Piña, 1977).

Constituyentes químicos principales: la grana contiene aproximadamente un 10 % de ácido carmínico el cual es el principio colorido; tiene también un 40 % de materia proteica; un 10 % grasas, constituidas principalmente por triglicéridos; un 2 % de ceras y un 2 % de cenizas.

Comercialmente existen varias presentaciones:

- (a) Los productores de grana generalmente venden el insecto como tal, seco casi sin cera y limpio.
- (b) Como "Extracto de cochinilla", que es una solución concentrada que se obtiene después de eliminar el alcohol de un extracto acuoso-alcohólico de cochinilla; según la *Food and Drug Administration* (FDA) debiera cumplir con las siguientes especificaciones.

Contenido de ácido carmínico no menor de 1.8 %.

Sólidos totales no menos de 5.7 y no más de 6.3 %

Proteína no más de 2.2 %.

Metanol no más de 150 p.p.m.

Plomo no más de 10 p.p.m.

Arsénico no más de 1 p.p.m.



Figura 3.72. Cosechando “nopalitos” (artículos tiernos) de una variedad hortícola propia para verdura.

(c) El “carmín” que es la laca de aluminio o calcio-aluminio en un sustrato de hidróxido de aluminio del ácido carminico obtenido por extracción acuosa de cochinilla. El nombre comercial de este producto que es “Carmín 40” y según la FDA deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Contenido de ácido carmínico no menos de 50 %
- Materia volátil (a 135°C durante 3 horas) no mas de 20 %
- Cenizas no más de 12 %
- Plomo no más de 10 p.p.m.
- Arsénico no más de 1 p.p.m.

(d) El ácido carmínico libre purificado, para el cual no se tienen especificaciones.

Usos

La grana es la materia prima para la obtención de “extracto de cochinilla”, “carmín” y ácido carmínico.

El “extracto de cochinilla” y el “carmín” son usados para colorear alimentos y medicamentos. Para estos fines deberán ser pasteurizados o liofilizados, para destruir microorganismos patógenos como la *Salmonella*. Económicamente estos productos son los más importantes desde el punto de vista comercial.



Figura 3.73. Los nopalitos cosechados (de *O. ficus indica*) son acomodados en pilas y envueltos en costales para su transporte y venta como verdura.

El ácido carmínico se usa en tinciones histológicas y bacteriológicas, como indicador, químico de reacciones ácido-base y de óxido reducción, como reactivo químico para aluminio y como agente acomplejante de cationes, tiene usos en fotografía a color así como en pigmentos para artistas.

Piña (1977) menciona como plantas hospederas de la grana o cochinilla a diferentes especies de *Opuntia* y *Nopalea* entre ellas: *Opuntia ficus-indica*. Nombres vulgares: Nopal de Castilla, Tuna de Castilla, Tuna Mansa, Tenochтли y Zapotnochtli.

Opuntia pilifera Weber. Nombres vulgares: Nopal crinado o nopal de Crines, Piaviachi (En Mitla Oax.), Nopal de pluma (en Amatengo, Oax.), Nopal Castarrita (en San Antonio Abad, Oax.), Se distribuye en Oaxaca y Puebla.

Opuntia tomentosa var. *hernandezii* Salm-Dyck. Nombre vulgar: nopal de Sn. Gabriel, se le encuentra silvestre en la Mesa Central algunas veces. Cultivado se le encuentra desde Zacatecas hasta Oaxaca y Michoacán, principalmente y la parte Sur del Distrito Federal (Milpa Alta) . Se le emplea como verdura (nopales) y como forraje.

Piña (1977) en un trabajo sobre la grana establece que:

- (a) La grana se cultivó en nuestro país con éxito económico, hasta la aparición de los colorantes sintéticos.
- (b) Su cultivo en México ha desaparecido prácticamente.
- (c) No se conoce en nuestro país un sistema de explotación e industrialización de la grana, ya que en la literatura respectiva se encuentran datos muy contradictorios.



Figura 3.74. Nopalitos provenientes de varias especies de nopal. Elaborados en diversos tipos de conserva o “compuestos” constituyen un platillo típico mexicano.

- (d) En las regiones que antiguamente fueron productoras de grana, actualmente hay una notable escasez de las dos especies de nopales en las que puede cultivarse la grana.
- (e) En la actualidad se presenta una marcada tendencia mundial, para utilizar colorantes naturales en diferentes industrias lo que augura un nuevo auge de la grana. Esto se confirma con el hecho de que varios países están solicitando grana, y aunque los datos sobre el mercado son erráticos, en términos generales parecen prometedores.

Recientemente, en un recorrido de campo por Oaxaca (Mayo de 2009) encontramos un sitio cercano a la ciudad de Oaxaca, donde se ha revitalizado la tecnología para la producción de la grana cochinilla, que ha vuelto a tener demanda para colorantes naturales.

Plagas del nopal

Las plagas más comunes del nopal son (García, s.a.):

- Picudo barrenador, *Cactophagus spinolae* (Gyll) (1).
- Picudo de las espigas, *Cylindrocopturus biradiatus* (Champ) (2).
- Chinche gris, *Celimidae tabulata* (Burm.) (2).
- Chinche roja, *Hesperolabops gelastops* (Kirk) (2).
- Gusano cebra, *Olycella nephelepasa* (Dyar) (1).
- Gusano blanco, *Laniifera cyclades* (Druce) (2).
- Cochinilla o “grana corriente”, *Dactylopius* spp. (2).

Para controlar los insectos (1), el mismo autor, recomienda la aplicación de: Sevín en dosis de 1 a 2 kg de producto técnico en 100 litros de agua; Endrín a razón de 1 litro o

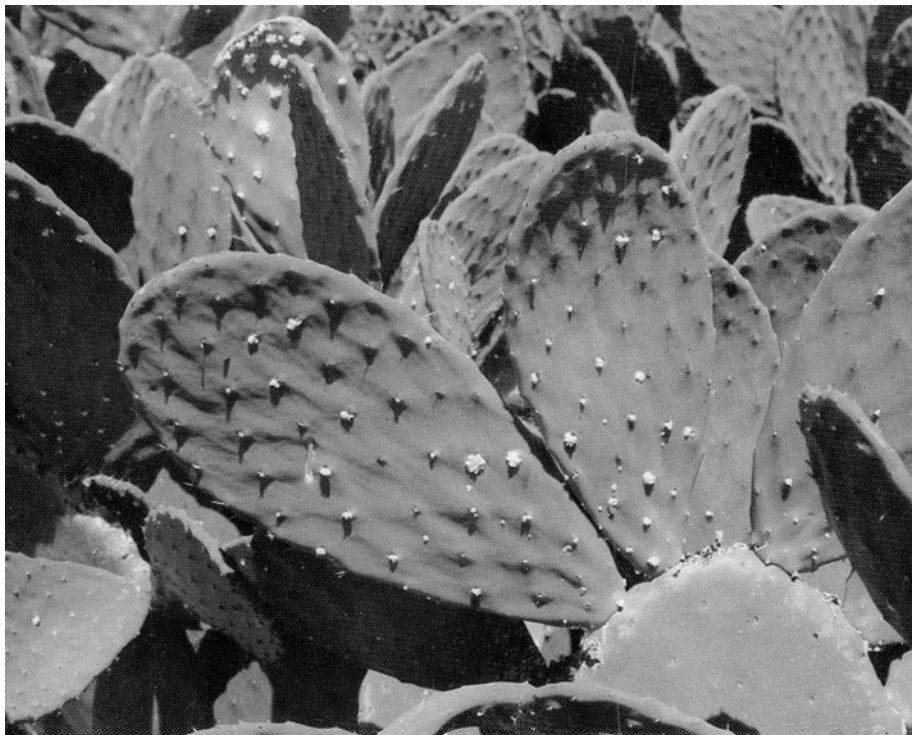


Figura 3.75. La cochinilla o “grana corriente” que ataca a diversas especies de nopal, puede controlarse con una solución jabonosa y tallando con una escobetilla. La “grana na”por el contrario se cultiva para extraer colorantes.

500 gramos de producto técnico en 400 litros de agua; o bien, Folidol E-605 diluido en agua, un litro en mil. En el caso de los insectos (2), éstos se pueden controlar con los siguientes productos según el mismo autor. Folidol M-50 al 0.1, Diptorex 80 % al 0.3 o bien, con Lindano 25 % al 0.3 %. La “cochinilla” puede también ser controlada con una escobetilla o bien con un cepillo (Fig. 3.75).

Situación actual y futuro del Nopal de Castilla

El nopal de Castilla *Opuntia ficus-indica* es una de las especies de nopal más importantes en la actualidad. Su carencia de espinas, facilidad de establecimiento y manejo en plantaciones intensivas lo han convertido en uno de los nopales favoritos para plantaciones comerciales. Uno de los principales investigadores que le dió fuerte impulso desde los años 60 fue el Dr. Facundo Barrientos (1965b), que además logró seleccionar algunas variedades comerciales hoy famosas, las COPENAS obtenidas por el Colegio de Posgraduados (entonces de la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, Méx.).

Los sistemas actuales de producción intensiva y agricultura orgánica permiten obtener altos

rendimientos de nopalitos para verdura y forraje, con una rentabilidad aceptable.

Además, por su alto contenido en fibra dietética tiene beneficios para la salud de obesos, estreñidos y diabéticos. Forma parte de la cocina tradicional mexicana, pero también está siendo apreciado en la cocina de otras culturas como la norteamericana, italiana, española, etc.

La tecnología de alimentos permite disfrutar de los nopalitos envasados y empacados en atractivas presentaciones comerciales (Fig. 3.74). La industria de productos naturistas tiene presentaciones comerciales en polvo, tabletas y semilíquidas, que ofrece como complementos alimenticios para el tratamiento de la obesidad, diabetes, hipertensión, estreñimiento y otras afecciones de la salud, por lo cual se vislumbra un futuro prometedor para esta especie.

3.1.9. Nopal duraznillo, *Opuntia leucotricha* de Candolle (Cactaceae)

Introducción

Esta planta tiene importancia pecuaria en los estados del norte del país, porque es consumida por el ganado estabulado de traspatio y por los hatos mixtos trashumantes.

Borja (1962), indica que las nopaleras más importantes desde el punto de vista de su densidad y de los volúmenes de las mismas consumidos como forraje, están compuestas aislada o conjuntamente por *Opuntia leucotricha*, “nopal duraznillo”, en asociaciones con *Opuntia streptacantha*, “nopal cardón”, y se localizan en los estados de: San Luis Potosí, Durango, Zacatecas y la parte Sur de Nuevo León en donde dichas nopaleras alcanzan densidades hasta de 600-800 plantas por hectárea.

Se caracteriza por sus artículos pubescentes, a veces sin espinas, pero provistas de abundantes cerdas largas, especialmente en los tallos viejos. Comprende una sola especie. *Opuntia leucotricha* de Candolle, Mem. Mus. Hist. Nat. Paris 17:119, 1828.

Nombre Vulgar: “nopal duraznillo” (Cd. Durango) “tuna duraznillo” (Zacatecas) “duraznillo”, “duraznillo colorado”, “duraznillo blanco” en otros lugares.

Plantas que llegan a alcanzar hasta 6 metros de altura, pero normalmente miden de 3 a 5 metros, el tronco y los artículos viejos están cubiertos por largos pelos sedosos, de color blanco, artículos orbiculares u oblongos, pubescentes, de 10 a 25 cm de longitud, areolas cercanas entre sí, las superiores están cubiertas con glóquidas amarillas, las de la región inferior llevan al principio de 1 a 3 espinas, blancas y setosas; las areolas de los artículos viejos están provistos de numerosas espinas blancas que miden hasta 8 cms de longitud, son suaves pero pungentes, en las plantas jóvenes estas espinas son poco rígidas; flores amarillas de 6 a 8 cm de diámetro; estilo rojo; glóbulos del estigma 6, verdes, fruto esférico de 4 a 6 cm de longitud de color variable (Bravo, 1978). (Figs. 3.76, 3.77).

En el Estado de Durango, existen plantas de “nopal duraznillo”, que producen en la misma planta dos clases de fruto, unos con la corteza y la pulpa roja y otros con corteza blanco verdosa, atendiendo a este carácter algunos botánicos pensaron que se trataba de dos especies diferentes o por lo menos de dos variedades bien definidas pero con el tiempo se descubrió que esas



Figura 3.76. Planta arbustiva de *Opuntia leucotricha* "nopal duraznillo". Cerca de Tacoaleche, Zacatecas.

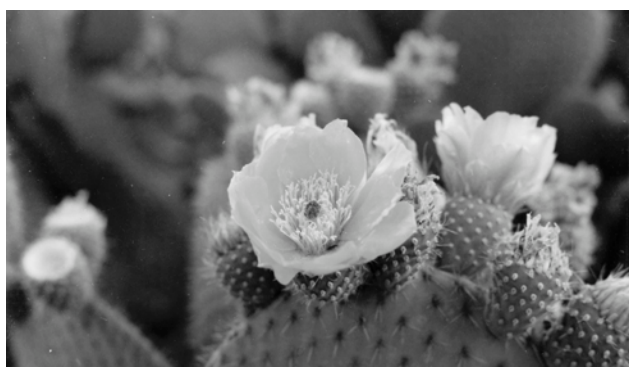


Figura 3.77. Detalle de la flor y frutos jóvenes de *Opuntia leucotricha*.

características se debían a las hibridaciones existentes entre especies.

Distribución geográfica

Se encuentra abundantemente distribuido en Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y en la parte sur de Nuevo León. Prospera bien en suelos de origen ígneo formado de rocas de carácter extrusivo, riolitas principalmente, con precipitaciones que van de 250-750 mm, temperaturas medias mensuales variables de 10°-23°C, esta especie se desarrolla muy bien al pie de la Sierra Madre Occidental a altitudes que van de 1000 a 1800 msnm y es en los estados donde alcanza su mayor desarrollo.

Importancia económica

El nopal duraznillo ocupa un área de 45 000 Km² abarcando principalmente los cuatro Estados arriba mencionados.



Figura 3.78. Ganado criollo comiendo pencas de “nopal duraznillo” directamente de la planta. Cerca del Río Grande, Zacatecas.

Es un forraje muy apetecido y se le encuentra principalmente pastoreado al natural, además de proporcionar forraje en algunas regiones es explotado como especie frutífera, ya que su fruto es muy sabroso aunque tiene el inconveniente de ser muy pequeño y aguatoso en relación a los frutos de las especies tuneras por lo cual es desplazado por estas en el mercado (Fig. 3.78).

La explotación de las nopaleras se realiza en forma intensa en los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango y los meses de mayor recolección son los de otoño a invierno, intensificándose en años de extrema sequía. Esta situación es válida cuando se cosecha el nopal para alimentar el ganado lechero estabulado en las ciudades de Saltillo, Monterrey y Monclova (Cuadro 3.20) sin embargo el ganado bovino y sobre todo el ganado caprino y ovino en pastoreo consume nopal durante casi todo el año. Para ello se queman las pencas para destruir las espinas y, en ocasiones se chamusca en pie con bombas de mochila a base de petróleo diáfano (Figs. 3.79, 3.80).

Lozano (1958) describió las formas más usuales de aprovechar el nopal espinoso como forraje de la manera siguiente:

1. Se amontonan hierbas secas alrededor de la planta y se le prende fuego lo que trae consigo que se acabe la planta, pues el tronco es el que soporta el fuego más intenso.
2. Cortar las ramas (varias pencas) y chamuscarlas por ambos lados sobre un fuego de hierbas y luego picarlas antes de darlas al ganado o bien utilizando un lanzallamas portátil, (Fig. 3.79).
3. Cortar el borde de la penca donde hay más espinas.
4. Picar el nopal con picadora. Esta práctica se realiza en establos principalmente. Una modificación de este proceso consiste en la utilización de un molino acondicionado con la toma de fuerza de un tractor (Figs. 3.81 a 3.83).

Para picar el nopal, un 73 % de los ganaderos emplean machete, un 21 % usa picadora de motor eléctrico y el resto no pica el nopal.



Figura 3.79. Muchos ganaderos en el norte acostumbran “chamuscarse” pencas de nopal (*O. leucotricha*, *Opuntia rastrera*, *O. streptacantha* y otras). Se da a menudo sobre todo en épocas de sequía, Saltillo, Coah.

Cuadro 3.20. Ejemplo de una ración típica suministrada al ganado lechero en Saltillo, Coah.

Ingredientes	Kilogramos
Nopal	45
Rastrojo de Maíz	8
Mascarrote o Malta (concentrado comercial)	4.5
Avena o cebada verde (únicamente en invierno)	5 a 10
Alfalfa ó sorgo en verde (únicamente en verano)	15 a 20

El precio por tonelada puesto en el lugar de consumo (para el año de 1970) varió de \$50-\$55 pesos. El nopal es transportado en vehículos que cargan entre 6 y 10 toneladas en cada viaje. En 1980 se cotizaba en \$550-\$600 la tonelada. El precio actual (2010) es de \$5,500 a \$6,000 pesos/ton aunque su demanda ha disminuido.

El 64% de los ganaderos de la región lo utiliza como parte de la dieta del ganado durante todo el año y el 10 por ciento lo utiliza durante cinco meses del año, o sea que el 74% de los ganaderos utilizan el nopal como forraje aunque sea temporalmente. A continuación se hace referencia a su valor nutritivo (Cuadro 3.21).

En este caso el contenido de humedad es del 95%, pero cabe hacer la aclaración que este es variable y depende entre otras de la edad del cultivo y de la humedad disponible en el suelo para la planta.

Se han realizado algunos trabajos para determinar los niveles de consumo diario de nopal;



Figura 3.80. Algunas personas ejercen comercio con el nopal “chamuscado” que se cotiza alrededor de \$450.00/ton. Saltillo, Coah.

en experimentos realizados por Flores (1977) se encontró que vacas Jersey suplementadas con un kilogramo de harinolina consumían 50.6 kg/cabeza/día y vacas Holstein alcanzaron niveles de consumo del orden de 70.5 kg de nopal/cabeza/día.

Se ha estimado que el consumo diario de nopal por los bovinos es de 60 kg cuando no se da otro forraje y para ovinos de 10 kg. Viana (1965) por su parte trabajando con bovinos lecheros en producción, obtuvo consumos promedios de nopal de 77.3 kg/día y consumos máximos de 117 kg.

Cuadro 3.21. Análisis bromatológico de *O. leucotricha* (% en Base a Materia Seca).

Materia Seca	Materia organiza	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra	Ceniza	ELN
4.50	74.00	7.56	2.26	14	26	49.78

Villarreal (1963)

El nopal como fuente de agua

Esta es otra de las cuestiones importantes ya que existen regiones en nuestro país donde las condiciones climáticas son en extremo difíciles y en las que en algunos casos durante años no llueve, por lo tanto la escasez de humedad limita en extremo el desarrollo de las plantas en general, especialmente las del tipo forrajero para los animales, es por esta razón que el nopal llega a tener una importancia vital, porque reúne las condiciones ideales para emplearse como forraje proporcionando un poco de alimento y sobre todo gran cantidad de agua para los organismos



Figura 3.81. Un agricultor menonita, adaptó un viejo molino de martillos para moler plantas y pencas de nopal duraznillo.

en virtud de que por las condiciones de clima requiere un gasto elevado del liquido, la que por fortuna se encuentra en las pencas de este vegetal. Rossouw (1961) indica que el nopal es una

Cuadro 3.22. Relación entre consumo de nopal y de agua en vacas Jersey (Woodward y col. 1915).

Alimento	Consumo de Agua del bebedero. l/d'a
70 kg de nopal	nada
35 kg de nopal	22.0
Heno de sorgo a voluntad	45.0

excelente fuente de agua y re ere una experiencia en la que ovinos de raza Merino alimentados con nopal duraron 400 d'as sin consumir agua; en general se considera que el consumo de nopal restringe grandemente el consumo de agua en ovinos y que en bovinos el consumo de agua disminuye, al hacerlo solo 2 o 3 veces por semana. Para ilustrar esto se presenta el Cuadro 3.22. A pesar del tiempo transcurrido desde esta investigación es algo que deber'a tomarse en cuenta para salvar al ganado de morir en épocas de sequ'a.



Figura 3.82. Detalle de un molino de martillos que fue adaptado para moler nopal.

Inconvenientes del nopal como forraje

El ganado no acostumbrado a consumir nopal y el que consume grandes cantidades puede sufrir timpanismo, o pueden producirse bolas de fibra en el estómago de los animales, lo que se evita con sólo proporcionar rastrojo o heno.

Cuando el ganado esta muy débil y se le obliga a consumirlo presenta diarreas debido al alto contenido de sales inorgánicas del mismo, lo que provoca que el ganado se debilite aun más y se incrementen las pérdidas.

Además cuando consume variedades espinosas sin chamuscar, se le clavan las espinas en lengua y paladar, lo que provoca que el animal permanezca con el hocico abierto sin poder comer y puede morir de hambre si no se le atiende.

Así, *Opuntia leucotricha*, resulta una fuente de riqueza si se le explota como forrajera en aquellos lugares en los que el desarrollo de las especies forrajeras se limita por la deficiencia de agua. Además este nopal, aunque resulta de baja calidad en cuanto a valor alimenticio en comparación con las gramíneas y leguminosas, su producción en toneladas por hectárea es mucho mayor a el agua presente en sus tejidos lo cual reduce el consumo de este factor (limitante en las zonas áridas) por el ganado.

Aun cuando esta especie se encuentra en una extensión considerable que abarca cuatro de



Figura 3.83. La pasta de “nopal” complementada con avena, harinolina u otros forrajes, se suministra a un pequeño hato de vacas Holstein con buenos resultados económicos. Miguel Auza, Zacatecas.

los Estados del Norte de la República y sus densidades por hectárea, aunque variables, son relativamente grandes para ser silvestre; los enormes volúmenes que de este forraje utilizan los ganaderos de la región, así como el procedimiento empleado para su “cosecha”, el cual materialmente destruye toda la planta, pone en peligro su existencia como especie. Por lo cual es necesario realizar estudios e investigaciones que lleven a crear tecnologías apropiadas para la producción y aprovechamiento más racional de esta, y en general de todas las especies de nopal que pueden ser utilizados por los pequeños y grandes ganaderos como un alimento de bajo costo y con lo que se podrán aminorar los problemas que anualmente se presentan debido a las sequías que reducen la disponibilidad de forrajes de mejor calidad.

El nopal duraznillo, aprovechamiento actual

Las poblaciones naturales de este nopal han sido muy diezmadas, sobre todo por la agricultura de temporal y ganadería en el Altiplano potosino-zacatecano. Sin embargo, algunos campesinos y ganaderos de Zacatecas y Durango han preservado sus nopaleras naturales por los beneficios que les brinda al ganado como fuente de forraje de emergencia y agua.

Con experiencia lograda en otras especies de *Opuntia* y tecnología sencilla disponible ac-

tualmente, es posible el establecimiento de plantaciones comerciales en áreas marginales a la agricultura para propósitos de producción de forraje y verdura. En este estudio no conocimos de ninguna plantación realizada con nopal duraznillo.

A nivel doméstico se aprovechan los nopalitas (cladodios tiernos) para elaborar algunas conservas, ya sea al natural o en escabeche. Se venden en mercados regionales de Zacatecas, Aguascalientes y Durango. Son tiernos y de sabor agradable, pueden ser preparados como parte de algunos platillos de la cocina tradicional mexicana. El fruto es pequeño, de sabor agradable y susceptible de preparación en conserva.

3.1.10. Nopal cardón, *Opuntia streptacantha* Lemaire (Cactaceae)

Introducción

Entre las numerosas especies de Cactáceas destacan los nopales, son plantas carnosas, engrosadas, generalmente sin hojas y con tallos articulados. Pueden darse como suculentas, perennes, espinosas, xerófitas, con jugo mucilaginoso o a veces lechoso, areolas de las que nacen espinas, ramas y flores; tallos de una o más articulaciones aplanadas, sin hojas. Flores perfectas, regulares y solitarias, ovario infero unilocular, que se transforma en un fruto espinoso, con muchas semillas carnosas o secas.

La mayoría de estas características son resultado de miles de años de evolución biológica y adaptación al medio. Además de darles la capacidad de aprovechar la humedad, que tan esporádicamente se presenta, protegen a la planta de la deshidratación excesiva, así como de la actividad depredadora de los animales en el medio árido. Sin embargo, debemos reconocer ciertamente, que existen especies de animales y el propio hombre que de alguna manera aprovechan al nopal como fuente de subsistencia.

Aquí hemos reunido los conocimientos disponibles, derivados de la investigación agronómica referente a *Opuntia streptacantha* Lemaire y que pueden aplicarse para impulsar su cultivo o ecocultivo en las regiones áridas y semiáridas de México. Son múltiples los usos actuales y potenciales que pueden hacerse de los cladodios o pencas; su fruto rojo conocido como tuna cardona es comestible y además pueden derivarse de él numerosos productos y subproductos agroindustriales. También nos referiremos a la posibilidad de aprovechar con mayor eficiencia el néctar de las flores en la apicultura. Con esta especie de nopal, más que con ninguna otra, cobra actualidad un antiguo pensamiento azteca: “Ten cuidado de las cosas de la tierra; haz algo, corta leña, labra la tierra, planta nopales, planta magueyes, tendrás que comer, que vestir, con eso estarás en pie, serás verdadero, con eso andarás, con eso se hablara de tí, se te alabara, con eso te darás a conocer”. Huehuetlatolli.

Taxonomía

De acuerdo con Bravo (1978), considera que el género *Opuntia* comprende 5 subgéneros: *Cylindropuntia*, *Grusonia*, *Corynopuntia*, *Opuntia* y *Stenopuntia*. Al referirse en particular al subgéne-



Figura 3.84. Nopalera de *Opuntia streptacantha* “nopal cardón” arborescente. Salinas, S.L.P.

ro *Opuntia*, indica que comprende numerosas especies y que para su mejor identificación se han agrupado en 17 series, entre ellas *Streptacanthae*, a la cual pertenece *O. streptacantha*.

Descripción botánica

Esta especie fue descrita por Lemaire en 1839. Es un nopal arborescente, muy ramificado, que puede medir más de 5 m de altura; tiene tronco leñoso bien definido a veces de 65 cm de diámetro. Cladodios obovados y orbiculares; de 25 a 30 cm de largo y color verde oscuro (Fig. 3.84).

Los artículos o cladodios están cubiertos por areolas pequeñas, cercanas entre sí, integradas por espinas grandes y numerosas, algunas de ellas muy juntas, blancas; las glóquidas (“aguates”) son café rojizas, muy cortas. Flores de 7 a 9 cm de diámetro, amarillas o anaranjadas, con sépalos rojizos; filamentos verdes o rojizos, estigma con 8 a 12 lóbulos de color verde. Fruto globular, muy succulento, de 5 cm de diámetro y color rojo obscuro o a veces amarillento tanto por fuera como por dentro. Semillas en menor cantidad que en otras especies. El fruto se conoce comúnmente como “tuna cardona”(Figs. 3.85, 3.86).

Distribución

Opuntia streptacantha es una de las especies de nopal arbóreo más características de las zonas áridas, frecuentemente asociada con *O. leucotricha*, forma extensas nopaleras en la altiplanicie mexicana. Es típica de los estados de Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, San Luis Potosí y Zacatecas, así como en algunos sitios secos en la Cuenca de México. Silvestre o cultivado, se le encuentra también en diversas localidades de Puebla y Oaxaca.



Figura 3.85. Flor del nopal cardón; destacan los numerosos estambres al centro, alrededor del pistilo.

Requerimientos ecológicos

Clima. Esta especie se encuentra muy bien adaptada a las regiones con clima BS, aunque llega hasta las regiones áridas colindantes con clima BW más seco.

Suelo. De acuerdo con Bravo (1978), la mayoría de las especies del género *Opuntia* se encuentran en las planicies y lomeríos, creciendo en suelos pedregosos, con escaso contenido de materia orgánica, estando sujetas a condiciones de temperatura extrema y sequía prolongada.

Esta especie se adapta bien a suelos de origen coluvial, con profundidades entre 10 y 40 cm; los colores predominantes son gris y café. El contenido de piedras y gravas se mantiene entre 30% y 50% en casi toda la superficie de los sitios donde crece, excepto en algunas planicies no pedregosas. La proporción de arena con respecto a limo y arcilla puede variar entre 46% y 14%. La textura puede ser de migajón arenoso, limoso o franco. El pH varía entre 6.6 y 8.3, según que los suelos sean derivados de materiales geológicos de origen ígneo o de arrastre.

Marroquín *et al* (1981), indican que el contenido de materia orgánica y nitrógeno total de los horizontes edáficos comprendidos entre 0 y 20 cm varía entre 0.8 y 11.6% y de 0.19 a 0.56% respectivamente.



Figura 3.86. Flores senescentes y frutos en desarrollo a partir de los respectivos ovarios fértiles.

Potencialidad como cultivo

Se puede decir que el “nopal cardón” es una especie en proceso de domesticación, debido a que hasta la fecha es muy poco el avance realizado en cuanto a los aspectos agronómicos involucrados en su cultivo. Sin embargo, aún con la escasa experiencia, más que nada con bases empíricas, es posible indicar algunas técnicas para su cultivo.

Preparación del terreno

Esta operación puede realizarse con diversos procedimientos, de acuerdo con el objetivo que se persiga. En algunos casos es conveniente el desmonte en franjas, “barbecho”, un paso de rastra y bordeado, siguiendo curvas de nivel cuando se trate de terrenos con cierta pendiente. Se puede hacer una labor previa de despedrado y usar las piedras en pequeñas obras de conservación del suelo.

Plantación

El nopal se puede propagar a partir de pencas o semilla; el primer método es el más recomendable desde el punto de vista económico. El método por semilla sólo debe aplicarse para

nes de mejoramiento genético. Se hará con base en la selección individual de ejemplares con buenas características de rendimiento y según los objetivos que se pretenda lograr.

Para obtener plantaciones forrajeras productivas a corto plazo, se recomienda plantar pencas enteras o conjuntos de dos o más pencas, conocidos comúnmente como “brazos”. Para preparar este material, se deben escoger “plantas madres” de buena calidad, aspecto sano y muy productivas. Las pencas se obtienen cortando los cladodios a nivel de las coyunturas; para ello se utilizará un cuchillo o navaja afilados. A continuación se colocan bien acomodadas en pilas, de preferencia en sitios a media sombra, ventilados; ahí, se dejan durante 10 a 15 días. Esta operación propicia que las pencas se deshidraten y cicatrice la herida; luego se entierran hasta la mitad o dos tercios de su longitud total; se conservará la polaridad que tenían originalmente en la planta madre.

Plantando pencas o cladodios, se puede obtener hasta 95 % de prendimiento y producción de forraje a los 2 años y de tunas a los 3 o 4. Cuando sea posible y económico, se pueden obtener “brazos” con mayor cantidad de pencas, que podrán ser de 4 a 10. Con ella se obtiene buena producción de tunas a los 2 o 3 años.

Fecha de plantación. Es conveniente plantar los nopales entre marzo y mayo, después que las plantas hayan quedado sujetas al período de letargo invernal y antes de que se presenten las altas temperaturas del verano; en algunas áreas, se consigue aprovechar las lluvias de primavera o inicio del verano. Cuando no sea posible plantar al principio del año se puede plantar en agosto o septiembre, siempre y cuando las lluvias sean suficientes. Así, los nopales plantados en verano pueden desarrollar abundantes raíces y acumular suficientes reservas para el siguiente ciclo vegetativo.

Distancias de plantación. La distancia de plantación estará en función del tamaño y hábito de crecimiento previsto para las plantas, así como del suelo. En general, se puede recomendar como distancia media entre plantas 2 metros y entre hileras de 3 a 4 metros.

Cultivo de nopal cardón forrajero

Es conveniente planificar las tablas de plantación, de modo que en el 1er año de producción se corte una parte, dejando solo la base de la planta para que retoñe nuevamente; ese mismo año, a las otras tres partes se les harán cortes parciales, hasta retornar a un corte total de la primera parcela cuando haya retoñado. Siguiendo un buen plan de corte (de acuerdo con la reacción de la planta), se puede lograr una producción anual hasta de 125 ton/ha.

Una plantación de nopal para forraje, se realiza plantando con distancias de 2 metros entre hileras y plantas, dependiendo de las condiciones locales de suelo, precipitación, etc. Con esta disposición se tendrá una densidad de 2500 plantas/ha, o sea que se requieren alrededor de 5000 kg de pencas para la plantación de una hectárea.

Cultivo de nopal cardón para tuna

Para plantaciones comerciales productoras de tuna, se recomienda:

- Dar un paso de rastra a profundidad de 5 cm después de una lluvia favorable.
- Evitar hasta donde sea posible la proliferación de malezas.
- Fertilizar moderadamente con estiércol y abonos químicos.
- Agregar mayor cantidad de nitrógeno en caso de que se vaya a usar el nopal como forraje (después de la cosecha de tuna).
- No establecer asociación con ningún cultivo, pues la competencia perjudicaría el desarrollo de las plantas, disminuyendo la producción de tunas.

En caso de requerir alguna poda, ésta deberá tender a dar forma bien proporcionada al nopal y se hace durante el invierno, aunque puede realizarse después de terminar la cosecha de tunas.

Es frecuente que en los nopales tuneros cultivados, el número de tunas llegue a ser excesivo, por lo cual a veces convendrá realizar un raleo de frutos - utilizando guantes-, eliminando pencas débiles y cuidando la buena posición de las restantes. Cada penca no debe tener más de 8 a 10 tunas. En general, una plantación de nopal cultivado, de especies semejantes y con dos buenas lluvias al año, puede producir de 9 a 12 toneladas de tuna/ha.

La productividad de tuna cardona no ha sido evaluada en parcelas bajo cultivo. Sin embargo, López (1977) indica que, en una nopalera natural, una planta de nopal cardón puede producir de 86 a 250 tunas, siendo el promedio de 144 tunas por planta. En una nopalera con baja densidad (280 pl./ha), estimo una producción de 1685 kg de tuna/ha, mientras que en una con mayor densidad (640 pl./ha) la producción calculada fue de 6,198 kg de tuna/ha (Fig. 3.87). El mismo autor, ha constatado que la producción de frutos comienza cuando la planta tiene 4 o 5 años de edad. En el primer año de fructificación, las plantas producen alrededor de 10 frutos, al segundo año 25 frutos, al quinto año la producción es de 80 y 100 frutos. Así, la productividad de tuna cardona seguramente puede aumentar en parcelas con buenas prácticas de cultivo o bien en *ecocultivo*.

Ecocultivo de nopal cardon *Opuntia streptacantha*

Al considerar la necesidad de realizar trabajos agronómicos para incrementar la productividad de las nopaleras en una zona cactológica importante del Desierto Chihuahuense, López (1977), puntualiza que "esto no significa transformar a las poblaciones naturales de *O. streptacantha* en cultivos artificiales, sino más bien desarrollar ecocultivos, en los cuales se vayan eliminando gradualmente las especies arbustivas competidoras, podando las plantas excesivamente altas, observando la comunidad a manera de poder transitar libremente entre las plantas durante la operación de cosecha y desparramando cladodios de los mejores clones en los espacios desprovistos de nopal. Lo anterior significa, que la nopalera debe ser manejada ecológicamente, siguiendo los principios y leyes que regulan a la naturaleza en forma común; simultáneamente



Figura 3.87. Estimando la producción de tuna cardona de un nopal con fructificación abundante.

con la introducción de algunas prácticas y tecnologías elementales, que permitan darle al ecosistema una arquitectura óptima desde el punto de vista antrópico, se deberá hacer un manejo y utilización ecológica y conservacionista, de un recurso tan importante para el presente y futuro de la región, como son los ecosistemas naturales de *O. streptacantha*.”

En ocasiones sin embargo será necesario ayudar a la naturaleza; así, plantaciones realizadas con sentido ecológico deberán emprenderse sobre todo en áreas de nopaleras degradadas, desmontadas para fines de agricultura y que han sido abandonadas, encontrándose actualmente sujetas a la erosión acelerada del suelo. De hecho, para lograr un verdadero ecocultivo, tendrán que combinarse varias especies deseables y compatibles para los fines que se desee. Esto servirá además para favorecer el retorno de las diversas especies de la fauna silvestre que volverán a ocupar sus nichos, realizando el papel que les corresponda en el ecosistema de nopalera, generalmente beneficioso para el hombre.

Cosecha de nopal para forraje

El nopal cardón, al igual que el duraznillo, tienen amplia demanda como forraje tanto en épocas normales como de extrema sequía (López y Medina, 2009). Se acostumbra cortar las pencas con machete, quemar las espinas con lanzallamas y picarlas para dárselas al ganado, junto con algún otro forraje o suplemento alimenticio. Es muy frecuente observar en los caminos y carreteras el transporte de este material en cantidades importantes hacia los sitios de consumo.

Cosecha de nopal para tuna

Generalmente se realiza a mediados y fin del verano. Para ella se utilizan garrochas, de madera o metal; las tunas se depositan en canastos u otros recipientes.

Rendimientos e importancia económica

Producción de forraje Villarreal (1958), reporta que se han identificado 10 variedades de nopal que reúnen muy buenas características para su utilización como forraje.

Para la selección y mejoramiento deben considerarse: precocidad, desarrollo vegetativo, artículos desprovistos de espinas, resistencia, a plagas y enfermedades, valor nutritivo y aceptabilidad por el ganado.

Sin embargo, para la mayoría de nuestras regiones semiáridas, el hecho de que esta especie tenga bastantes espinas, no es limitante para que se haga un buen uso de ella, pues existe tecnología de sencilla aplicación con la cual pueden eliminarse a bajo costo.

Por otro lado, el nopal es una fuente importante de agua para el ganado en las regiones áridas y semiáridas. Así, borregos de raza Rambouillet, han sido alimentadas durante 400 días, suministrándoles exclusivamente nopal y sin beber agua (Rossouw, 1961). En otros casos, se ha suprimido el agua a los borregos durante 525 días en África del Sur, dándoles únicamente nopal como alimento y fuente de agua.

En Texas, E.U.A., se ha engordado satisfactoriamente al ganado bovino adulto durante 3 meses y medio, proporcionándole nopal en cantidades ilimitadas, complementado con 1.5 a 2.5 kg diarios de concentrado. Es posible sustituir parcialmente la ración de nopal con gramíneas forrajeras, sorgo o cualquier otro alimento heni cado.

Es importante señalar que después de una precipitación escasa, *O. streptacantha* es capaz de almacenar inmediatamente grandes cantidades de agua, gracias a la abundante distribución de sus raíces superficiales. Sin embargo, Viana (1965), señala que en la época de lluvias disminuye la calidad del nopal como forraje, al disminuir proporcionalmente el porcentaje de materia seca de 5 a 24 % debido al aumento de su contenido hídrico.

Por lo que se refiere a rendimiento, las nopaleras establecidas con densidades bajas y en suelos física y químicamente deficientes rinden un promedio de 25 ton. de cladodios/ha y por año. Plantíos de mediana densidad producen entre 50 y 75 ton/ha. En buenas condiciones producen entre 100 y 125 ton/ha (Lozano, 1958). Como un vacuno consume entre 20 y 30 toneladas de cladodios por año, resulta que una hectárea de nopal puede sostener hasta 5 cabezas de ganado mayor durante un año.

Cuando el plantío sea para forraje y tunas, debe tomarse en cuenta que la poda severa estimula una abundante formación de renuevos, pero la fructificación disminuye.

Ensayos realizados por el Colegio de Posgraduados en Chapingo, demostraron que el rendimiento en forraje verde es semejante, aun cuando se realicen distintos sistemas de plantación y los cladodios se coloquen en diferentes posiciones. Sin embargo, los cladodios plantados con

mayor exposición al sol, presentaron menor desarrollo. Como resultado de estos trabajos, se indica que el nopal responde bastante bien al agregado de estiércol. En plantaciones con densidad de 40,000 plantas/ha, se pudieron obtener 400 ton/ha/año, cosechando a partir del tercer semestre de establecida la plantación (Barrientos, 1972).

Por otro lado, una hectárea de nopal bajo condiciones de riego o temporal, bien manejada, puede producir hasta 200 ton/ha de cladodios bien desarrollados, en tanto que el maíz forrajero bajo condiciones de riego produce 49 ton/ha y 36 ton/ha en buen temporal. Al comparar los costos en la producción de nutrimentos, es posible observar que en circunstancias similares el nopal es superior al maíz (Flores, 1977), Cuadro 3.23.

Cuadro 3.23. Productividad y costos de producción de *Opuntia* y de maíz de ensilaje bajo condiciones de riego y temporal en Chapingo, México. (Flores, 1977).

Atributo	Maíz		Nopal	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal
<i>Costos de producción en pesos/ha</i>				
Preparación del terreno	250.00	250.00	260.00	260.00
Siembra o plantación	180.00	126.00	360.00	360.00
Labores de cultivo	500.00	500.00	840.00	420.00
Riegos	480.00		500.00	
Fertilización	510.00	450.00		
Cosecha, acarreo, picado y ensilaje	2,800.00	1,600.00	1,000.00	1,000.00
Costos totales	4,720.00	2,926.00	2,960.00	2,040.00
<i>Producción</i>				
Productividad (ton/ha)	49.0	36.0	200.0	200.0
Composición de materia seca %	27.6	27.6	16.6	16.6
Proteína cruda (%)	2.3	2.3	0.8	0.8
Nutrimentos digestibles totales (%)	18.3	18.3	9.4	9.4
<i>Rendimientos de nutrientes (kg/ha)</i>				
Materia seca	13,524	9,936	33,200	33,200
Proteína cruda	1,127	828	1,600	1,600
Nutrimentos digestibles totales (%)	8,967	6,588	18,800	18,800
<i>Costo unitario (pesos/kg)</i>				
Materia verde	0.10	0.08	0.014	0.010
Materia seca	0.35	0.29	0.089	0.061
Proteína cruda	4.18	3.53	1850	1275
Nutrimentos digestibles totales (%)	0.54	0.44	0.157	0.108

Producción y rendimiento de nopalitos Los nopalitos son renuevos de cladodios de uno a dos meses de edad, siendo a veces de mayor edad. Durante la temporada de marzo a mayo es cuando surgen mayor cantidad de renuevos. Sin embargo, si el año es lluvioso o es posible el riego de la nopalera, es común que nazcan renuevos durante la mayor parte del año (Lozano, 1958).

Generalmente, los nopalitas son de sabor agradable y uso frecuente en la alimentación humana. Pueden prepararse a nivel doméstico como nopalitas compuestos, encurtidos o con chiles en escabeche. Inclusive se pueden aprovechar desde que tienen poco más de una semana de edad; esto redundaría en beneficio de una plantación que puede someterse a un aclareo de nopalitas para promover una mejor distribución y productividad de pencas. Si se les prepara en forma industrial, pueden constituir una fuente importante de ingresos.

El manejo de la nopalera con el fin de producir nopalitas representa sin embargo, una alternativa de producción que puede significar una reducción considerable de la producción tunera. Se ha estimado que por cada nopalito producido, se provoca una disminución entre 12 a 15 tunas para el año siguiente (Lozano, 1958). De aquí que sea necesario definir primero la alternativa económica más conveniente, pues según la época y región pueden tener más valor los nopalitas que las tunas o viceversa. Una plantación bien manejada, con suficiente estiércol y humedad, puede tener un rendimiento de varias ton/ha/año.

Producción de tuna Entre las especies productoras de tuna, ocupa un lugar importante el nopal cardón (*O. streptacantha*), si bien la producción de tuna cardona generalmente se consume a nivel regional y es relativamente poca la que llega a los mercados principales del país.

Se ha calculado que en una hectárea de nopal adulto se pueden producir durante el período de fructificación de 100 a 200 tunas por planta, con un peso de 60 g. En años buenos, el rendimiento puede llegar a ser de 300 a 400 cajas/ha/año, con peso promedio de 30 kg cada una o sea entre 9 a 12 ton/ha, (Lozano, 1958). López (1977), reporta la productividad media por planta

Cuadro 3.24. Productividad media por planta de *Opuntia streptacantha* en Peñon Blanco; Salinas, San Luis Potosí, 1976 (López, 1977).

<i>Rubro</i>	<i>Cantidad</i>
Número por planta	
Cladodios	192
Cladodios con tuna	58
Tunas	155
Número de tunas por cladodio	2.7
Peso fresco medio de las tunas	
Sin descortezar (g/tuna)	70
Cada tuna, descortezada (g/tuna)	30
Total tunas descortezadas (kg/planta)	4.650

de *Opuntia streptacantha*, en Peñon Blanco, localidad de San Luis Potosí. Cuadro 3.24.

Algunos campesinos del Altiplano Potosino obtienen buenos ingresos por concepto de la cosecha de tuna cardona, que realizan desde fines de julio a principios de noviembre, según las condiciones del año. El mismo autor destaca que debido a las condiciones mismas del trabajo o a la idiosincrasia y actitud de la gente, la jornada de trabajo es de 4 a 5 horas. Esto sin embargo,

no es obstáculo al desarrollo de la actividad, sino que, es un estímulo e integración con otras actividades que deben practicarse diariamente, tales como actividad pastoril, cosecha de leña y cuidado de los cultivos.

En comunidades rurales, con las características que presentan los ecosistemas de nopaleras, especialmente en lo que se refiere a la estacionalidad de la producción, en un medio tan rústico y adverso como este, es necesario sacar provecho al máximo de los periodos favorables. La época estival es rica en productividad de frutos de nopal; pero esta productividad se desvanece en las épocas mas desfavorables del año. Es por ello que en esta zona, al igual que en otras regiones de condiciones adversas, la familia entera se une para cosechar el producto de la tierra, el cual almacena de manera que le permita subsistir durante los meses desfavorables.

Una de las limitantes principales al incremento de la producción tunera, realizada, con el fin de elaborar productos agroindustriales, es el elevado costo ecológico de cosecha, la cual debe hacerse en forma totalmente manual. La eficiencia del trabajador es tan elevada, que parece difícil pensar en elevar las remuneraciones que recibe, a través de un incremento en el número de unidades cosechadas por jornada. Dado que el trabajo que signifique la cosecha y descortezado de una unidad, sea de pequeño o gran tamaño, es el mismo, la observación hace pensar en la conveniencia de que a través del manejo y mejoramiento del cultivo, se logre producir frutos de mayor tamaño. Esto permitiría que la biomasa cosechada fuera mayor, aunque el número de unidades permaneciese constante. Existen clones y variedades que producen frutos, que además de tener buenos atributos agroindustriales son de tamaño muy superior al que actualmente se cosecha. La opinión de López (1977) antes citada, apoya la nuestra en el sentido de que se requieren trabajos agronómicos y de mejoramiento de esta especie.

Composición química

Cuadro 3.25. Resultados del Análisis bromatológico de cladodios, expresados en materia seca, de muestras provenientes de las Arcinas, Zac. Durante la temporada de 1976 (López, 1977).

EDAD DEL CLADODIO	DESCRIPCIÓN	PROTEINA CRUDA	GRASA CRUDA	COMPONENTES CENIZAS %	FIBRA	E.L.N.
AÑOS						
0.5	Renuevos o nopalitos	9.4	1.00	21.0	8.0	60.60
1	Penca	5.4	1.29	18.2	12.0	63.11
2	Penca	4.2	1.40	13.2	14.5	66.70
3	Penca	3.7	1.33	14.2	17.0	63.77
4	Tallos Suberificados	2.5	1.67	14.4	17.5	63.93

En el Cuadro 3.25 se indican los resultados del análisis bromatológico de pencas del nopal *O. streptacantha*, colectadas en Las Arcinas, localidad de Zacatecas, por López en 1976. El coe -

cienta de digestibilidad para los distintos nutrimentos del nopal es el siguiente: prote'na cruda; 44 %, grasa cruda 72 %, fibra 40 %, extracto libre de nitr'geno 78 %.

Por lo que se refiere a la tuna y su valor nutricional, as' como el de sus componentes principales y derivados, Lozano (1958), menciona datos muy interesantes (Cuadro 3.26).

Cosecha y procesamiento industrial de la tuna cardona

Seg'ın L'opez (1977), el proceso de cosecha de tunas se hace corrientemente en las siguientes etapas:

- Salida de la casa o mielera (industria) a la nopalera
- Elecci'ın de las plantas a cosechar
- Elecci'ın de los cladodios a cosechar
- Corte del cladodio elegido
- Bajada del cladodio al suelo
- Corte y descortezado del fruto
- Acumulaci'ın de frutos en botes
- Traslado de los botes al medio de transporte
- Transporte a la mielera
- Descarga de la mielera

El traslado del cosechador desde su casa o mielera a la nopalera, depende de la distancia a que se encuentre y velocidad de transporte. Como las industrias son peque'nas, cuando la distancia entre la industria y la nopalera que se est' cosechando pasa de cierto l'ımite, se opta por mover la industria a una ubicaci'ın m'as cercana.

La selecci'ın de las plantas a cosechar se basa en la cantidad y densidad de tunas por planta o por unidad de superficie. No se cosechan las plantas que tengan densidad de frutos o aquellas dif'ciles de cosechar.

El corte del cladodio es r'apido y cada unidad luego de ser separada de la planta se baja y deposita en el suelo; as' se forman montones con los fragmentos de cladodios y sus respectivas tunas adheridas. La operaci'ın de corte y descortezado del fruto es muy r'apida, debido a la experiencia y grado de especializaci'ın de los cosechadores. Una vez que se hace el descortezado, los frutos son depositados en botes con capacidad de 20 kg; la operaci'ın contin'ua hasta completar su capacidad, que en promedio es de 530 tunas por bote.

Los botes se colocan con un peque'no esfuerzo en el medio de transporte, que generalmente es bicicleta o burro, para ser llevados a la industria.

Las mieleras son industrias muy r'usticas en donde se transforma la tuna en productos agroindustriales. Com'ınmente son n'omadas, pues cambian de ubicaci'ın de un a'no a otro, buscando las nopaleras donde haya mayor y mejor condici'ın para la cosecha del fruto. Su 'area de acci'ın abarca superficies, hasta de 400 ha, puesto que las zonas con buenas poblaciones de nopaleras altamente productivas, son cada vez m'as escasas. Ello se ha debido a los cambios

Cuadro 3.26. Análisis bromatológico de la tuna y algunos de sus componentes y derivados (Lozano, 1958).

ELEMENTOS	TUNA (%)	PULPA (%)	CORTEZA (%)	QUESO DE TUNA (%)
Agua	57.00	90.00	88.00	11.29
Pulpa seca	6.20			
Semillas	3.40			
Corteza	33.40			
Glucosa		6.00	0.15	73.53
Almidón y dextrina		2.70	4.00	
Proteínas		1.00	0.35	
Ceniza		0.30	0.40	1.53
Grasa		Huellas	Huellas	0.23
Goma				2.49
Albuminoides				5.25
Celulosa y otras materias				5.68
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

antropogénicos, para incorporar estos terrenos a los cultivos de maíz y frijol de temporal y, en menor proporción, al riego.

López (1977), estimó que la cosecha media por persona es de 4120 tunas ya descortezadas, con un peso de 176.6 kg. En el Cuadro 3.27 se indica además la productividad en productos equivalentes.

Productos agroindustriales de la tuna

La tuna cardona ofrece varias alternativas de uso como alimento. Además de su utilización como fruta fresca, es posible transformarla en productos como melcocha, queso de tuna, miel, jalea, colonche, pulque curado de tuna, aguardientes y vinos de mesa. Además, es posible extraer como subproductos de la semilla de tuna un aceite comestible de utilidad en la dieta humana (Lozano 1958).

Cuadro 3.27. Cosecha de tuna cardona (*O. streptacantha*) y su equivalente en productos derivados. Cálculos realizados en el Ejido Peñón Blanco. Salinas, San Luis Potosí en 1976 (López, 1977).

Rubro y equivalente	Productividad kg/persona/jornada*
Tuna pelada	176.6
Jugo	159.0
Semilla	17.6
Queso de tuna o melcocha	14.4

*Jornada de cinco horas de trabajo, que se acostumbra en esas regiones.



Figura 3.88. Puesto comercial en el Mercado Juárez de San Luis Potosí. Venden diversos productos regionales incluyendo queso de tuna y melcocha.

Jugo de tuna. Se obtiene este producto luego de separar la semilla de la pulpa y jugo; se puede beber como tal en forma doméstica o bien podría someterse a un tratamiento agroindustrial de conservación y concentración. Como fermenta pronto, se acostumbra tomarlo inmediatamente después de elaborado.

El jugo de seis especies de tuna, fue analizado por Villarreal *et al.* (1964). Encontraron que el jugo de tuna cardona (*O. streptacantha*), mostró características superiores al de otras especies. Además, la pulpa contiene mayor cantidad de pectina total, lo cual le comunica mayor viscosidad y consistencia. También la cantidad de sólidos totales, vitamina C y carotenoides fueron los más altos, por lo cual su color y sabor resultan muy agradables. Por cierto, ya se han hecho intentos por industrializar el jugo de tuna, pero aparentemente han fracasado debido a diversos factores técnicos, económicos y humanos, los cuales podrán resolverse en el futuro.

Queso de tuna. Una vez fría la melcocha, se le puede dar otro proceso para elaborar, queso de tuna. Así, un operario levanta la masa hasta cierta altura y la arroja contra una piedra grande, lisa y humedecida con agua. La operación se repite por 150 a 200 veces, hasta que, al levantar la pasta no se adhiera a la Piedra. Mientras mejor sea el amasaje, el queso producido tendrá mayor consistencia y claridad. Luego se coloca en moldes rectangulares de madera, previamente humedecidos, en donde se deja reposar varias horas. Posteriormente se orea durante 12 a 15 horas, se envuelve y conserva en papel especial. El tamaño de cada molde de queso comercial varía desde medio a 12 kilos o aún mayores (Lozano, 1958).

El autor ha podido constatar que, tanto la melcocha como el queso de tuna tienen buena demanda en los mercados locales de San Luis Potosí y Zacatecas (Figs. 3.88 y 3.89).



Figura 3.89. Queso de tuna y melcocha vendidos a granel, son productos saludables y de agradable sabor.

Además, hace algunos años, eran exportadas cantidades regulares de queso de tuna para Alemania. Según el Sr. Mario Ramírez, especialista práctico en el cultivo del nopal (Com. personal, 1982. Rancho “La Terqueda”, Matehuala, S.L.P.), además de ser muy sabroso, constituye un remedio práctico para los campesinos, quienes acostumbran , comerlo y con ella se libran de las diarreas que con tanta frecuencia les aquejan debido a que toman aguas contaminadas. Así pues, según esta persona es muy posible que en Alemania extrajesen del queso de tuna algún principio de tipo medicinal.

López (1977), indica que la cantidad de frutos descortezados, necesaria para producir un kilo de queso o de melcocha de tuna, es de once kilos.

Melcocha. Esta se prepara exprimiendo la pulpa de tunas maduras y separando las semillas. La pulpa obtenida se introduce en un cazo de cobre y se calienta a fuego directo; para concentrarla se agita continuamente y despacio, usando palas de madera para que no se pegue al recipiente. Una vez próxima al “punto de melcocha” (dicho punto se percibe, cuando al mover la pala, se logra ver el fondo del cazo); entonces se retira la melcocha del fuego y se deja enfriar por 12 a 15 horas. Una vez fría se almacena en diversos tipos de envases (Lozano, 1958).

Miel de tuna. La pulpa sin desmenuzar se coloca en cazos de barro o cobre y se calienta a fuego lento, agitando poco a poco con una paleta de madera, durante 40 minutos. A continuación, se reduce el fuego y se vierte con cuidado la miel a un recipiente provisional, dejando la pulpa y semilla en el fondo del cazo. Luego se retiran estos dos productos y se vuelve a poner la miel en el mismo, recipiente, donde se continua evaporando. Constantemente se agregan más tunas, procurando separar la pulpa y semillas de las que se agreguen. Mientras que el jugo es delgado, se forma abundante espuma, pero a medida que el jugo se torna espeso disminuye la espuma.

El proceso continúa hasta que las tunas y jugo del cazo se consumen. Cuando la miel alcanza



Figura 3.90. Semilla extraída de la tuna cardona; se aprovecha como alimento de cerdos y burros. Salinas, S.L.P.

cierto grado de evaporación, se retira del fuego y se vierte en recipientes especiales; deberá agitarse lentamente mientras se enfría. El punto de dulce que se debe alcanzar es de 32-35° Baumé, que son reconocidos en forma empírica por quienes desarrollan esta actividad. Cuando no se le da el tiempo correcto, la conservación de la miel es de escasa, deteriorándose en breve tiempo por cristalización. Aún bien elaborada, la miel se cristaliza posteriormente: pero en un tiempo mayor, pudiendo utilizarse incluso uno o dos años después de su elaboración (Lozano, 1958).

Jalea de tuna. Para elaborar la jalea se emplea tuna cardona bien madura. Después de desmenuzar completamente la pulpa, se frota enérgicamente las semillas para que se desprenda la sustancia pectinosa adherida; esta constituye el “cuerpo de la jalea”. Luego se filtra a través de una malla fina, agregando azúcar. Se continúa la operación a fuego mediano cuidando de que se forme espuma constantemente, pues un buen espumado permite la solidificación y da transparencia al producto. Cuando éste se encuentra en condiciones de solidificarse, se aleja del fuego y se vierte en moldes especiales (Lozano, 1958).

Colonche. La pulpa de tuna cardona se coloca en recipientes de barro cocido, llenándolos hasta 80° de su capacidad. Se agita enérgicamente, con paletas de madera y se hierven a fuego lento por dos o tres horas. Luego se retira del fuego y se filtra para eliminar la pulpa y las semillas. Posteriormente se deja enfriar el jugo y se le agrega una pequeña cantidad de colonche del año anterior, con objeto de activar la fermentación. El colonche recién elaborado posee bajo contenido alcohólico, siendo una bebida agradable y de aspecto atractivo; a medida que transcurre el tiempo de fermentación aumenta notablemente su contenido alcohólico (Lozano,

1958). Además de ser una bebida sabrosa, adquiere un valor económico considerable, sobre todo cuando se le vende en lugares públicos o ferias regionales, como la que realiza en la ciudad de San Luis Potosí año con año.

Pulque curado de tuna. La tuna descortezada es hervida en una pequeña cantidad de agua, luego se agrega un clavo de olor, pimienta y canela bien molidos. Una vez que la mezcla ha hervido bien, se aparta del fuego y ya fría se incorpora al pulque (bebida resultante de la fermentación del aguamiel de maguey), agregándole azúcar. Finalmente se agita y filtra bien (Lozano, 1958).

Esta es una bebida que puede resultar además de sabrosa muy nutritiva, cuando se elabora higiénicamente. Ya ha sido procesado y envasado a nivel industrial en Santa María Tecajete, Hgo.

Aguardiente y vinos de mesa. González (1974), realizó ensayos para la obtención de aguardiente, utilizando tres tipos de tuna: tuna blanca, tuna amarilla y tuna roja. Dado que hasta la fecha no se ha hecho una selección de variedades con las características organolépticas necesarias para obtener cierta calidad de aguardiente, usó únicamente variedades comerciales de algunos nopales. La tuna debe encontrarse en estado fresco y en su punto óptimo de maduración para obtener un jugo con el contenido óptimo de azúcar. Este deberá conservarse en bolsas de plástico que pueden almacenarse en tambos de 200 litros para su posterior fermentación.

Durante el proceso, se aprovecha la zimo o silvestre existente en las tunas. Es necesaria la aplicación de ácido fosfórico para lograr un medio de cultivo apropiado. Este se ajustará a un pH de 3-3.5 usando además SO₂ para evitar contaminaciones. Después de la fermentación, se efectuará la destilación en 3 formas: usando alambiques de vidrio para simular el acero inoxidable; con alambiques de cobre martillado cabezota "cuello de cisne" o alambiques de cobre martillado con cabezota "cuello de moro". Recientemente (2009), se encontró en una licorería de la ciudad de Zacatecas un Aguardiente de Tuna, elaborado en Ojocaliente, Zac.

Se han hecho ensayos también para la producción de vinos de mesa elaborados de la "tuna cardona", los cuales han resultado de buen bouquet y sabor (M.C. Juan José López González, Com. personal, 1991).

Subproductos de la tuna cardona

Además de los productos mencionados, de la tuna de *O. streptacantha*, pueden obtenerse: cutícula del fruto para forraje, semilla, colorantes, -utilizables en la elaboración de dulces y refrescos-, caucho sintético, alcohol y anticorrosivos.

Cutícula de la fruta. Piña (1970), estima que la cáscara representa el 52% del contenido del fruto, o sea que de la producción de un millón de toneladas de frutos se calcula que pueden aprovecharse 520,000 toneladas de cáscara o cutícula. Al ser sometidas a secado directo reducen cinco veces su peso, con lo cual se obtienen 104,000 toneladas.

Es posible utilizar este forraje en la alimentación del ganado mayor como material de lastre, el cual podría representar un precio de \$125.00/ton, obteniéndose 13 millones de pesos por este

concepto (precio estimado para 1982 y que sería \$1500.00/ton y \$150 millones de pesos al precio actual).

Semilla. La semilla de la tuna es muy resistente debido a la fibrosidad de la testa, por lo cual se considera indigerible. Sin embargo, puede germinar con facilidad después de haber pasado por el tracto digestivo de cualquier animal. Actualmente se obtienen grandes cantidades de semilla, como subproducto en la elaboración del queso de tuna, pero no se le ha prestado atención al valor que podrían representar como alimento. En San Luis Potosí, algunas industrias han comprado la semilla, pues una vez molida y mezclada con la corteza, constituye un forraje rico en grasa y carbohidratos, posiblemente mejor que los forrajes preparados con el agregado de mieles incristalizables de caña de azúcar. La semilla que va a usarse como forraje no deberá lavarse, pues tiene muchas sustancias azucaradas y gelatinosas adheridas a la testa, que pueden perderse con el lavado; bien molida puede ser útil en la alimentación de cerdos, pues representa un alimento inferior al maíz solo en 25 % (Fig. 3.90).

La semilla contiene alrededor de 20 % de grasa comestible muy parecida en olor y sabor a la manteca de cerdo; podría ser utilizada para proporcionar dichas características a las grasas vegetales sólidas del comercio. A veces, los campesinos emplean la semilla de tuna como sustituto de la semilla de calabaza en la preparación del platillo conocido popularmente como pipián.

Cada fruto contiene de 2 a 3 gramos de semillas, por lo cual se ha estimado que la producción de grasa por hectárea de nopalera puede variar entre 960 y 3600 kg. Sin embargo, no es posible pensar en orientar la industrialización de la semilla hacia la producción de grasas, hasta que se cuente con una superficie de varios miles de hectáreas dedicadas al cultivo bien planificado de nopal, con lo cual se justifique su industrialización. Se considera que una de las especies que produce más semilla es *O. robusta* (Lozano, 1958).

Colorantes. En Nuevo México, E. U.A., se está empleando el jugo de algunas especies de tuna, además a la tuna cardona (*O. streptacantha*) para la preparación industrial de colorantes inofensivos que se emplean en la elaboración de dulces, refrescos y pan (Lozano, 1958).

Caucho sintético. Según Lozano (1958), técnicos españoles realizaron estudios que probaron que la explotación de una hectárea de nopal, en las regiones secas de Almería, podría proporcionar con la industrialización conveniente unos 266 kg anuales de caucho sintético. Actualmente quizás, no sería una alternativa económica factible debido a la producción intensiva de hule sintético a partir de petróleo.

Apicultura en nopaleras

La apicultura es una actividad a la que se ha dedicado poca atención en las regiones donde existen nopaleras. Sin embargo, puede ser una buena alternativa económica para los campesinos, pues además de producir un alimento de largo período de conservación, puede representar una buena fuente de ingresos económicos.

Mediante su intensa actividad durante la primavera y verano, las abejas contribuyen a polinizar las abundantes flores del nopal, recolectando el néctar para luego depositarlo como miel

en sus panales. Además, actúan de manera efectiva en la recopilación de polen y fabrican la jalea real; ambos productos tienen un valor económico apreciable pues tienen demanda por los naturistas.

De acuerdo con los diversos usos actuales y potenciales que hemos mencionado, podemos concluir que el nopal cardón *O. streptacantha*, ya silvestre, cultivado o en ecocultivo, puede y debe ser considerado como un valioso recurso natural, con múltiples alternativas económicas para los campesinos de las regiones áridas y semiáridas.

Es necesario detener la destrucción de las nopaleras, justificada a veces por medidas de tipo político, pero definitivamente carentes de criterio ecológico. Se ha podido comprobar en muchas localidades de Zacatecas, San Luis Potosí y otros estados, que dedican extensas áreas de este tipo de vegetación para “producir” granos básicos, que esta actividad está conduciendo a la desaparición de valiosos ecosistemas, cuyos recursos genéticos ni siquiera han sido estudiados, propiciando la erosión hídrica y eólica que contribuyen finalmente a la desertificación.

Dada la urgente necesidad de los campesinos que requieren de diversos tipos de satisfactores, sería recomendable acelerar los trabajos agronómicos que conduzcan al aprovechamiento múltiple de este recurso, en forma permanente y redituable.

Situación actual del Nopal cardón

El nopal cardón es una de las especies de *Opuntia* con mayor diversidad de productos con valor directo como verdura y fruta fresca, y valor agregado a nivel doméstico o como microempresa agroindustrial. Para satisfacer la demanda, se han establecido plantaciones de traspatio y comerciales que permiten la producción intensiva o extensiva de “nopalitos” y “tuna roja o cardona”. Varios de sus productos como la melcocha, el queso de tuna y el colonche se siguen elaborando con la tecnología tradicional. Destaca el hecho de que son mujeres las propietarias de microempresas que le dan un valor agregado a estos productos que han mejorado su presentación comercial y calidad. La tuna roja se utiliza en algunos lugares de Hidalgo, Querétaro y Estado de México para la elaboración del pulque “curado” bebida de sabor agradable. Algunos productos de la tuna roja obtenidos en laboratorio tienen la perspectiva de convertirse en productos comerciales.

3.1.11. Nopal de tuna blanca, *Opuntia megacantha* Salm-Dyck (Cactaceae)

Introducción

Los nopales *Opuntia* spp., son plantas que están ampliamente distribuidas en el territorio mexicano; se conocen desde los antiguos pobladores aztecas y fueron de las primeras cactáceas introducidas por los conquistadores a Europa, recibiendo en España el nombre de “chumbera” o “higo chumbero”, y en Francia el de “higuera de las indias”; a los frutos, conocidos localmente como tunas, se les llamó en esa zona como “higos de las indias” o “chumbos”.

La importancia económica de las especies que forman este género no fue percibida durante la colonización española, ni durante el primer siglo de la Independencia de México, salvo en algunas pequeñas localidades en que las pencas del nopal se explotaban eventualmente como forraje o bien para aprovechar sus frutos para la alimentación humana y en la preparación de varios productos comestibles o industriales. Posteriormente los campesinos de las zonas áridas del país lo conocieron como “pan del pobre”, ya que en los meses de junio a octubre aprovechaban sus frutos y los cladodios tiernos (nopalitos) se utilizaban como verdura durante el ciclo de crecimiento de la planta.

El género *Opuntia* se localiza prácticamente en la mayoría de las condiciones ecológicas existentes en la República Mexicana, pero constituye comunidades con características sonómicas específicas formando el tipo de vegetación denominado “matorral crasicaule”, el cual ocupa cerca de 3 millones de hectáreas distribuidas en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato Hidalgo, Edo. de México, Chihuahua, Tamaulipas, Puebla, Durango y Aguascalientes.

Descripción botánica

Raíz. Pertenece a las de tipo pivotante o de eje primario corto. Las raíces secundarias son abundantes y lamentosas las que extendiéndose ampliamente en el terreno anclan la planta al suelo, lo cual le confiere resistencia a los vientos, además de que por extenderse le permiten tener mayor área para explorar en busca de agua y nutrientes para la planta.

Tallo. Es un cladodio formado de ejes superpuestos en disposición simpódica, dichos ejes son ramas en forma de raqueta que llevan espinas de distintas formas, vulgarmente se les llama pencas, nacen por generación en el borde de los primeros y cuando alcanzan su completo desarrollo son más o menos de la misma forma y tamaño. El tronco es la primera penca que se modifica volviéndose cilíndrica y resistente para soportar el peso de la planta (Fig. 3.91).

Los haces brovasculares están dispuestos en forma de red; la epidermis es cerosa, defendiendo a la planta de evaporaciones rápidas, conservando el agua en una proporción de 50%. Indudablemente las pencas constituyen un depósito de agua lo cual permite al nopal sobrevivir en regiones áridas y semiáridas a lo cual contribuye la consistencia, disposición y estructura de los estomas ya que regulan la evaporación.

Hojas. Son de forma cónica, pequeñas y carnosas, pronto caen y en su lugar nacen y crecen las espinas que eliminan la función de ellas.

Flores. Las flores son hermafroditas, con cáliz dialisépalo, corola dialipétala, de colores que pueden variar de blanco a rojizo y pasando por amarillo; con sépalos y pétalos en número aproximado de 12 a 15 y con estambres numerosos (Fig. 3.92).

Fruto. Es una baya carnosa con abundantes aguates, rica en azúcares, agua, pectinas, y otras sustancias, así como también tiene un gran número de semillas, siendo de color verde claro o amarillento.



Figura 3.91. Planta arbustiva de nopal de "tuna blanca" *Opuntia amyclaea* (forma hortícola de *O. megacantha*). San José de Tepenene, Hgo.

Requerimientos climáticos y edáficos

En cuanto a climas como se mencionó anteriormente el género *Opuntia* se encuentra distribuido en las diferentes condiciones ecológicas que presenta el país, pero para su óptimo desarrollo se requiere una temperatura anual entre los 18 y 25°C, aunque existen algunas especies resistentes a las bajas temperaturas donde pueden soportar hasta 16°C bajo cero, siempre y cuando no se presenten esas temperaturas por periodos prolongados. El nopal se desarrolla bien en climas áridos (BS) y muy áridos (BW) con lluvias en verano; por lo que se requiere a precipitación pluvial es poco exigente ya que se le encuentra en zonas con lluvias de 125 o más milímetros al año, aunque los excesos de humedad pueden provocar enfermedades fungosas y daños por insectos. Por lo que respecta a suelos, se adapta bien a diversas texturas y composiciones pero se desarrolla mejor en suelos calcáreos, arenosos de profundidad media, con un pH preferentemente alcalino y altitudes que varían entre los 800 a 2500 msnm, aunque también pueden encontrarse a altitudes menores cerca de la costa.

Labores previas a la plantación

Preparación del terreno. El nopal que actualmente se explota por su importancia económica desciende de variedades de tipos silvestres, y está muy claro que como tal no alcanzaría la calidad y cantidad de producción que ahora se obtiene con las nuevas variedades, por ello es importante realizar una correcta labor de preparación de las tierras. El barbecho, es una labor muy importante que debe hacerse con anticipación y a una profundidad que varía de 25 a 50



Figura 3.92. Flor de “nopal tunero”. Su color amarillo claro y abundante secreción de néctar, atraen abejas e insectos que ayudan a una buena polinización.

cm. esto según lo permita la profundidad del terreno. De ser posible se procurara dar cuando menos un paso de rastra y medianamente pasar un cuadro de madera para desmenuzar los terrones; y posteriormente según las condiciones topográficas efectuar el trazo de plantación.

Trazo de la plantación. El trazo de una plantación de acuerdo a la pendiente del terreno se puede hacer como sigue en terrenos con pendiente o en terrenos sin pendiente.

Trazo de plantación en terrenos con pendiente. Cuando el terreno tenga pendiente el trazo de la plantación debe realizarse en curvas de nivel para evitar la erosión del suelo y lograr retener mas el agua de lluvia, a fin de que sea aprovechada por la planta. Una vez que se tienen las curvas de nivel se señalan los puntos donde quedaran las cepas siguiendo las curvas de nivel y dejando una distancia de 3 mts entre cada punto y de 4 mts entre hileras de puntos.

Trazo de plantación en terreno sin pendiente. Cuando el terreno este nivelado solo hay que señalar los puntos y las hileras con las distancias que se crean convenientes. Trazada la plantación se abren cepas con las siguientes medidas: profundidad 60 cm, largo 60 cm, ancho 60 cm. Se buscara que el punto señalado en el trazo de la plantación quede en el centro de la cepa. Fig. 3.93.

Selección de Pencas y tratamientos.

1. Que la planta sea nueva nacida del año anterior.
2. Que sea la variedad escogida.
3. El corte de la penca se hará en el punto de unión de penca con penca.
4. El corte se hace perfectamente en la parte central de arriba de la planta y no a los lados.
5. Que sea una planta sana y vigorosa.
6. Una vez cortada la penca debe colocarse en un lugar parcialmente sombreado o en su caso



Figura 3.93. Campesinos, realizando una plantación de nopal tunero cerca de Cuencamé, Dgo. Material procedente de San Luis Potosí.

debe cubrirse con paja para que no se deshidrate.

7. Esperar un tiempo máximo de 10 -15 días una vez cortada la penca y puesta a secar la herida del corte hasta que cicatrice. No debe plantarse una penca si no ha cicatrizado completamente la herida del corte.

Tratamientos. Estos pueden ser de dos formas, uno para pencas completas y otro para fracciones mínimas de pencas.

Tratamientos de pencas completas. En este caso se procede a cortar en el vivero o huerta las pencas mayores de 6 meses de edad que estén sanas y libres de daños por insectos o producto de malformaciones. Esto debe hacerse cuando menos 15 o 20 días antes de realizar la siembra.

Las pencas cortadas se deben dejar bajo sombra, y aplicarles pasta bordelesa en la parte del corte (la pasta bordelesa se prepara mezclando un kilo de sulfato de cobre en 5 litros de agua y agregándole una lechada elaborada con un kilo de cal apagada disuelta en 5 litros de agua) con el fin de que cicatricen y evitar así pudriciones posteriores a la plantación.

Tratamiento para fracciones mínimas de penca. En este caso el tratamiento a las pencas es más largo y se recomienda hacerlo cuando se tienen pocas pencas para la siembra o bien para disminuir la cantidad y el costo del traslado cuando se realizan plantaciones grandes a distancias lejanas del lugar donde se tiene el vivero o huerto.

El tratamiento consiste en lo siguiente:

- (a) Seleccionar las pencas en el huerto o vivero de acuerdo a las condiciones mencionadas para el tratamiento anterior. Después de haber dejado las pencas durante 10 días bajo sombra, dar el paso siguiente.
- (b) Cortar las pencas de acuerdo a su tamaño, pequeña, mediana, grande.



Figura 3.94. Plantación de nopal de “tuna blanca” en plena producción. Bien cultivada, esta variedad tiene alto rendimiento de frutos por hectárea.

- (c) Tratar los trozos de penca resultantes con pasta bordelesa y dejarlos en la sombra durante una semana.
- (d) Transcurrida una semana, colocar los trozos de penca sobre un almacigo compuesto de la mezcla tierra-arena y estiércol, agregados en las mismas cantidades.
- (e) Una vez colocados los trozos de penca agregar una pequeña cantidad de la mezcla tierra-arena-estiércol, sin taparlos totalmente.
- (f) Dar riegos al almacigo cada 7 días hasta que se inicie el enraizamiento y aparezcan los nuevos brotes (riegos ligeros).
- (g) Cuando los nuevos brotes alcancen de 10 a 12 cm de altura, cubra completamente los pedazos para que terminen de enraizar.
- (h) Con este tratamiento se pueden obtener después de 6 meses plantas con sus raíces listas para ser trasplantadas a la plantación definitiva.

Plantación

Plantación de pencas completas. El presente método se puede usar cuando se cuente con el suficiente número de pencas y el lugar de la nueva plantación no se encuentre muy retirado, de tal forma que el traslado de las pencas sea fácil y económico. Distancia entre plantas 3 m.

Siembra de plantas obtenidas de fracciones mínimas de penca. En este caso la “siembra” se realiza colocando dentro de la tierra la parte baja de la planta de tal forma que solo quede tapada por la tierra hasta donde llegaba en el almacigo.



Figura 3.95. El nopal tunero produce frutos abundantes, de buen tamaño, agradable sabor y pulpa consistente. Máquinas adecuadas eliminan los “aguates” facilitando el empaque incluso para exportación.

La mejor orientación es buscando que al hacer la plantación, la penca reciba la mayor parte del día los rayos solares, tanto por una cara como por la otra para que se conserve más verde y vigorosa la planta.

Podas

El nopal debe podarse quitando las pencas que se encuentren muy juntas con el fin de ir dando una forma a la planta que facilite después la cosecha, ya que en la mayoría de las plantaciones esta es realizada en forma manual. Una vez que la planta esta formada, hay que mantenerla entre 1.50 y 1.80 mts. La poda de producción se lleva a cabo eliminando las pencas que tuvieron producción de tuna en la cosecha anterior y dejando los brotes de un año, ya que estos producirán tuna al año siguiente.

Plagas

Como todas las plantas se ven afectadas por la acción conjunta o individual de ciertos organismos así vemos que nuestra planta en cuestión no puede escapar a esta acción; entre las

plagas más dañinas para el nopal están las siguientes:

- (a) *Cochinilla o Grana corriente*. Esta plaga es un insecto que durante el invierno tiene muy poca actividad, pero tan pronto como se inician las altas temperaturas comienza su reproducción, atacando después pencas y frutos. Los daños se localizan en la parte basal de las espinas dando el aspecto de pequeñas bolitas de algodón que al ser aplastadas muestran un color rojo en su interior. Ataques severos de esta plaga pueden causar la caída del fruto.
Control. Folidol M-50 en dosis de 100 cm³ en 100 l de agua, Dipterex 80 % en dosis de 300 cm³ en 100 l de agua. Lindano 23 % en dosis de 300 cm³ en 100 l de agua.
- (b) *Picudo Barrenador*. Es un picudo negro con manchas rojas y anaranjadas que deposita sus huevecillos en las pencas donde se desarrollan, dando origen a las larvas que atacan al cultivo formando galerías dentro de la penca. El ataque se advierte cuando hay acumulaciones de goma que posteriormente toman un color café amarillento y finalmente negro. Esta plaga provoca una disminución en la producción y en casos extremos la muerte de la planta. El ataque de larvas se controla por medio de la poda y destrucción de las pencas afectadas, a los adultos se les combate con los productos comerciales mencionados para la cochinilla en las mismas dosis.
- (c) *Gusano blanco del Nopal*. El daño es causado por las larvas que recién nacidas forman colonias y se protegen con una malla de seda que poco a poco avanzan hacia el interior de la penca, hasta alcanzar el centro y atacar los tejidos leñosos. Expulsan su excremento a través de un agujero, los cuales al caer al suelo forman montoncillos conocidos comúnmente como “montoncitos de arroz”. El ataque de esta plaga puede evitar que la planta emita nuevos brotes. Esta plaga se puede controlar aplicando algún insecticida de los mencionados para los casos anteriores cuando las larvas aun se encuentran en la superficie de la penca. Cuando ya han penetrado se pueden destruir mecánicamente.
- (d) *Picudo de las Espinas*. Los adultos de esta especie emergen en los meses de abril y mayo y son de color oscuro con una mancha dorsal en forma de cruz. Las hembras depositan sus huevos en la base de las espinas y entre junio y julio nacen las larvas que inmediatamente empiezan a alimentarse dando lugar a un escurrimiento que forma escamas y cintas de secreciones que pronto se endurecen; las larvas causan un resecamiento en la base de la espina y su ataque no causa daños de importancia.
Control. Destruir totalmente las pencas afectadas.

Cosecha

Antes de explicar cómo se efectúa la cosecha, debemos hacer mención al aspecto que se refiere al amarre del fruto; es importante hacer notar que la flor permanece abierta durante solo 24 hrs. Si abrimos una flor antes de la apertura normal observaremos que los estambres permanecen pegados al pistilo y que el estigma mantiene sus lóbulos cerrados.

Al incremento de apertura de la corola o los lóbulos del estigma se separan, se observan brillantes, turgentes, lo cual indica su receptividad al polen. Después los estambres se separan con evidencia de la producción de polen.

En una corola que ya ha cerrado el perianto, después de 24 horas de haber abierto los lóbulos del estigma se observan aun separados pero secos oscuros, marchitos, los estambres caídos sobre la base de la cavidad del tubo corolar. La marchitez continua, ocasionando que el perianto se contraiga, se cierre totalmente y acabe por desprenderse junto con los estambres, el estilo y el estigma secos; el tiempo que transcurre entre la apertura de la corola y la separación de estas partes puede variar desde 5 hasta 20 días.

Luego que ya se ha conocido lo referente a como se lleva a cabo el amarre del fruto, se tiene que la cosecha se hace durante los meses de julio a octubre y en ocasiones hasta noviembre, la característica que se toma en cuenta además de la anterior es que el fruto empiece a perder su color verde, tornándose en algunas ocasiones amarillento en varias de sus partes, y también que cuando al cogerlo entre los dedos se sienta un poco blando; o sea que se encuentre semiduro. El momento más recomendable para efectuar el corte es cuando no hay corriente de viento que disemine los “aguates” (Fig. 3.94).

Comercialización

Dentro de este renglón muy importante por cierto el Colegio de Postgraduados ha realizado varios trabajos tendientes a mejorar la calidad de las especies productora de frutos, tan es así que algunas zonas como Teotihuacán y otras del Edo de Hidalgo, son reconocidas por la calidad de los frutos que producen sus nopales, en particular la tuna blanca de *Opuntia amyclaea*, (forma hortícola de *O. megacantha*); *O. megacantha*, (amarilla); *O. streptacantha*, (cardona); *O. ficus indica*. (de Castilla); *O. robusta*, (tapona); *O. hyptiacantha*, memelo (Figs. 3.95 y 3.96).

Los frutos se emplean en forma directa o para la elaboración de bebidas (jugos), dulces (tuna cristalizada, nopal cristalizado y miel). Existen otras posibilidades para la utilización del nopal y sus frutos por ejemplo: en el trabajo de Villareal *et al.* (1963), sobre el enlatado se menciona la ventaja de la *Opuntia streptacantha* tanto por la viscosidad del jugo, contenido de sólidos y vitamina C como por su color y sabor agradables.

Posteriormente, dada la importancia que representa el nopal para México el Colegio de Postgraduados, ha estado realizando un programa que comprende 2 aspectos:

1. Nopal para forraje y Nopal para tuna; dentro de este segundo aspecto se fijaron ciertos objetivos los cuales son los siguientes:
 - a) Ampliación del periodo de maduración de los frutos.
 - b) Conocer la adaptación de los cultivares obtenidos, considerando su resistencia al frío y a la sequía.
 - c) Mejorar la calidad de los frutos obtenidos reduciendo la cantidad de semillas en la pulpa, aumentando la capacidad de almacenamiento y transporte, superando su sa-



Figura 3.96. Arriba: fachada de una casa en Sicilia (Italia) alusiva al cultivo del nopal. Abajo izquierda, bizcocho de tuna fabricado en ese lugar, a la derecha trozos de nopal cristalizado con azúcar (Material cortesía del Sr. Mario Ramírez, Rancho “La Terquedad”, S.L.P.).

bor y cualidades organolépticas.

- d) Conocer los métodos culturales, con las modalidades para cada variedad, para la obtención de la mejor calidad y rendimiento.
- e) Conocer el valor alimenticio y dietético de las variedades obtenidas.
- f) Conocer la composición de las semillas por su interés en la producción de grasas y proteína.

Aunque gran parte de los objetivos se han cumplido y se cuenta con variedades específicas para diferentes usos, queda mucho por hacer. Los materiales derivados se están proporcionando a diversas instituciones para pruebas regionales en diferentes estados específicamente; México, Puebla, Veracruz, Morelos, Michoacán, Guerrero, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Nuevo León y Baja California.

Esto es de gran importancia para un país como México en donde las zonas áridas constituyen más del 60% del territorio nacional y se encuentran condiciones muy desfavorables para la producción de alimentos y por ende para la subsistencia de las familias dedicadas a la agricultura.

Aun cuando la mayor parte de la tuna producida en el país es consumida localmente en estado fresco en fechas recientes se ha encontrado buena aceptación en los mercados extranjeros y se ha iniciado la exportación de fruta seleccionada, encerada y desespinaada a los E.U.A. y Canadá (más recientemente) lo cual ofrece mayores perspectivas para la producción de fruta y

por consiguiente un nuevo ingreso para aquellas regiones en donde ha llegado la investigación llevada a cabo por el Colegio de Posgraduados en este aspecto.

Situación actual del Nopal de tuna blanca

Este nopal es una especie importante para las regiones semiáridas de los estados de México, Hidalgo, Puebla, Querétaro y Guanajuato. Hoy se cuenta con extensas plantaciones para producción de fruta de mesa de alta calidad, incluso para exportación. En este caso, para exportar a Europa se requiere investigar el mercado pues en Sicilia existen grandes plantaciones comerciales de tuna.

En años recientes (2005), se han realizado ensayos e investigaciones en el Colegio de Posgraduados para lograr la tuna sin semillas, aunque todavía no hay resultados concluyentes.

3.1.12. Pitayo, *Stenocereus griseus* (Haworth) Buxbaum (Cactaceae)

Existen diversas especies de pitayos pertenecientes al género *Stenocereus*, la mayoría se encuentran en regiones semiáridas del sur, suroeste y centro de México. Sin embargo hay algunas especies importantes cerca de la costa del Pacífico en Jalisco, pero también en Zacatecas y Sonora (Bravo, 1978).

Desde tiempos anteriores a la conquista las pitayas eran consumidas como alimento por diversos grupos étnicos en esas regiones. En épocas más recientes, los pitayos *Stenocereus griseus* y *S. stellatus* han sido domesticados y forman parte de la cultura agrícola y sistemas de producción en varias localidades de Puebla, Oaxaca y *S. queretaroensis* en Sayula, Jalisco. En muchos lugares de Zacatecas *S. queretaroensis* y en Sonora y Baja California Sur *S. thurberi* (= *Lemairoceus thurberi*) aún permanecen totalmente silvestres y en espera de ser incorporados a sistemas de producción frutícola (Figs. 3.97 y 3.98).

En la Región Mixteca los principales municipios donde se cultiva el pitayo son Asunción Cuyotepeji, Santiago Miltepec, San Pedro y San Pablo Tequixtepec, Santiago Chazumba y Santa Gertrudis Cosoltepec.

Plantación y manejo

En la región de Santo Domingo Tianguistengo, Chazumba y Rancho Limón, Pue., se observó que la plantación de pitayo se hace en terrenos con pendiente de 15 a 20 por ciento, con suelos poco profundos, se excava una cepa de 40 a 50 cm de diámetro y 40 a 50 cm de profundidad. Se planta un "brazo" de pitayo cortado y encallado a la sombra al menos con 15 días de anticipación, a profundidad de 30 a 40 cm, se deposita el suelo extraído y se abona alrededor con cirre, abono orgánico de cabra bien fermentado y seco, procurando depositarlo a unos 10-15 cm de separado del tallo para que no se "queme".

La plantación se establece con las primeras lluvias de primavera para favorecer el enraizamiento con las primeras lluvias. Las ramas de pitayo utilizadas para la plantación deben ser



Figura 3.97. Cosechando pitayas silvestres de *Stenocereus queretaroensis*, cerca de Moyahua. Zac.

ramas productivas. Así se logra iniciar la producción el mismo año o al año siguiente de plantadas.

La producción comercial inicia al tercer o cuarto año de la plantación y según experiencias regionales se va incrementando año con año. El ciclo productivo de el pitayo es de varias décadas, por lo cual es un cultivo rentable dado que requiere pocas operaciones de manejo, siendo muy importantes las escardas y deshierbes a tiempo, así como la fertilización con abono orgánico.

No hay experiencias respecto a la producción de pitaya con riego de auxilio y tampoco se tienen experiencias con ensayos de fertilización. Algunos productores acostumbran aplicar abono de cabra (cirre) alrededor de los pitayos, apartado del tallo y cubriéndolo de tierra, sobre todo en la época fresca del año o antes de la temporada de lluvias, con lo cual logran una mejor producción de pitayas.

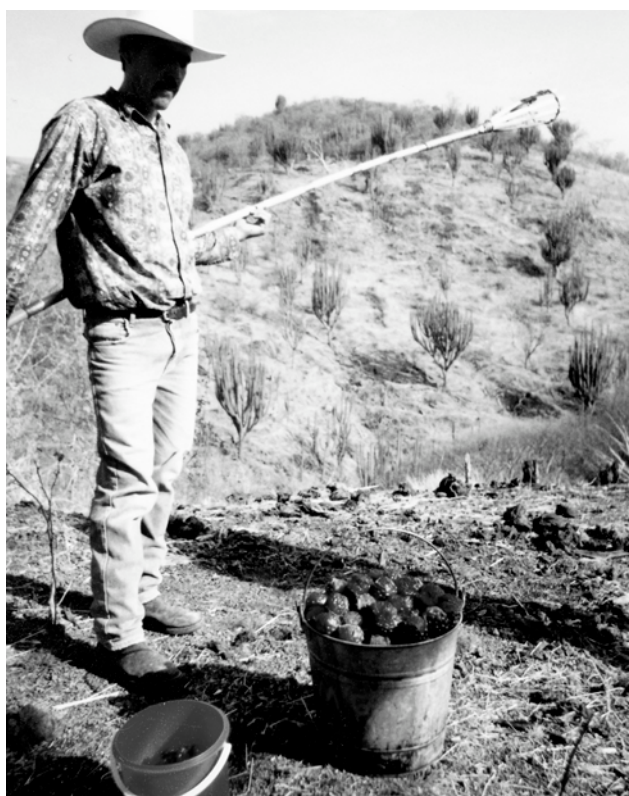


Figura 3.98. Pitayas silvestres de *S. queretaroensis* cosechadas a mediados de mayo, cerca de Moyahua, Zac. Nótese al fondo disponibilidad de terreno para una plantación comercial.

Cosecha y calidad de fruta

La cosecha se hace en la Mixteca baja desde la última semana de abril hasta la primera semana de junio en *Stenocereus griseus* que produce la pitaya de mayo, dependiendo de las condiciones climáticas de la región, la producción promedio es de 17 ton por ha. La mejor calidad de fruta se logra cuidando los frutos del ataque de pájaros y algunas plagas (Fig. 3.99).

Se producen pitayas con epicarpio y pulpa de diferentes colores: rojo, morado, amarillo, púrpura y anaranjado. Su sabor es dulce y agradable, el aroma y otras cualidades organolépticas se deben a varios componentes cuya proporción aproximada en base seca es carbohidratos 63.71, proteína 9.07, grasas 0.84, bra cruda 23,15, cenizas, (humedad 85.79).

La mayor parte de la cosecha se vende en los mercados regionales de Huajuapán de León, Tehuacán, Izúcar de Matamoros y Acatlán de Osorio. En el 2000 se comercializaron 638.5 ton, 75% en esa región, el resto se vendió en la Central de Abastos de México, D.F.



Figura 3.99. Pitayo *Stenocereus griseus* con abundante producción de pitayas. Huerto de Don Alicio Gil en Rancho Limón, cerca de Santo Domingo Tianguistengo, Pue.

Industrialización

Aplicando algunas experiencias y recetas domésticas a nivel regional en producción de conservas, en algunos lugares se han iniciado en años recientes, ensayos para la producción en escala comercial de diversos productos elaborados con pulpa de pitaya. Por ejemplo, mermeladas, jugos, vinos, helados y otros. El desarrollo y aplicación de procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de pitaya de la región Mixteca fué realizado por González (2006) con buena aceptación de mermeladas en pruebas de degustación.

El propósito es aprovechar los excedentes de la producción que no pueden ser comercializados y transportados con rapidez a los mercados consumidores de fruta fresca, darle un valor agregado a estos productos y contribuir a la generación de empleos y mejoramiento de la economía de los pobladores en diversas localidades productoras de pitaya.

Un aspecto muy importante a destacar es la organización de las Ferias de la Pitaya, que se realizan cada año en varias poblaciones ligadas a la producción de esta fruta. Así, en Santo Domingo Tianguistengo municipio de Santiago Chazumba, Pue., participan numerosos productores, sobre todo personas de la tercera edad; un productor muy dedicado con experiencia



Figura 3.100. Degustando una “pitaya de mayo” en el Huerto de Don Alicia Gil. Sus pitayas de excelente tamaño y calidad son premiadas durante la Feria de la Pitaya, en mayo de cada año.

de más de 40 años en el cultivo y producción de pitaya es Don Alicia Gil, famoso y muy reconocido en la región porque todos los años obtiene los primeros lugares en cuanto a peso y calidad de pitayas en el concurso que ahí se realiza.

En este concurso participan un buen número de productores, los premios consisten en implementos agrícolas diversos que sirven a los campesinos en sus labores de cultivo y producción de pitayas. Al evento asisten visitantes de muchas regiones del país que participan en los festejos que incluyen juegos deportivos y la elección de la Reina de la Pitaya. Los ingresos económicos obtenidos durante la Feria de la Pitaya se aplican en obras para beneficio de la comunidad y es algo que debería imitarse en otras localidades como estrategia para mejorar la calidad y producción de estas frutas tan valiosas, cuyo precio llega a superar al de manzanas, duraznos, ciruelas, tunas y otras frutas.

3.1.13. Mezquite, *Prosopis laevigata* (Willd.) Johnston (Leguminosae)

Descripción botánica

Martínez, (1959) dice que el mezquite es una planta que fue ampliamente conocida por los nativos de América. Su nombre se deriva de la palabra azteca “Mizquitl” los tarascos lo conocían como “Tzirtzum”, los Otomíes como “Tahi” y que además en el estado de Michoacán le designaron como “Chachaca”.

Los mezquites *P. laevigata* son árboles o arbustos perennes, con raíces profundas y superficiales, tallos y ramas espinosos, provistos de parénquima clorofílico cortical que realiza las



Figura 3.101. Mezquites arbóreos (*Prosopis laevigata*) en un mezquital típico de una región semiárida. Cuencamé, Dgo.

funciones de las hojas atrofiadas o caducas, presentan hojas bipinadas (Fig. 3.101). Durante la primavera producen inflorescencias en espigas en forma ovoide. En lo que respecta al fruto, este es un lomento drupáceo, que es una vaina indehisciente, septada, articulada en el endocarpio o levemente septado (Figs. 3.102 y 3.103).

Según Burkart y Simpson (1977), existen cuarenta y cuatro especies en el género, que están distribuidas en regiones áridas y semiáridas de Norte y Sud América, norte de África y este de Asia. Norte América es el “hogar” natural de nueve de estas especies.

Johnston (1962) afirma, según la clave que propone, basada en longitud y número de pares de foliolos por pinna, que en México existen las siguientes especies y variedades de mezquites: *P. laevigata*, *P. juliflora*, *P. pubescens*, *P. palmeri*, *P. chilensis*, *P. velutina*, *P. articulata*, *P. glandulosa*, *P. glandulosa* var. *glandulosa*, *P. glandulosa* var. *torreyana* y *P. cinerascens* “tornillo”.

En la clave ilustrada para las especies de *Prosopis*, en la que además de las características de las hojas, consideran las de los frutos, Burkart y Simpson (1977) describen las características de las especies y variedades de mezquites más abundantes en México, como *P. juliflora*, *P. glandulosa* var. *glandulosa*, *P. laevigata*, y *P. velutina*. En particular, *P. laevigata* con vainas largas, gruesas, de color amarillo claro, tiene de 15 a 21 pares de foliolos por pinna, con nervaduras pinadas muy aparentes sobre la superficie. Se distribuye a través de la Altiplanicie y pies de montes del Norte de México y Sur de Texas, pero también en el Sur de Perú, Bolivia y Norte de Argentina. *P. velutina* es menos frecuente y se distribuye en el Norte de México. Tiene 12 a 30 pares de foliolos por pinna y fruto inmaduro pubescente de color morado claro u oscuro.



Figura 3.102. Inflorescencias en espigas de *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*.

Distribución

El mezquite se presenta con una amplia distribución mundial en las zonas áridas y cálidas y semiáridas subtempladas. Forma parte de diferentes tipos de vegetación (Rzedowski, 1988) que se distribuyen en la República Mexicana desde la Península de Baja California hasta las costas del Istmo de Tehuantepec y en forma poco notoria en Chiapas y la Península de Yucatán. En las regiones motivo de este estudio, las especies de mezquite más abundantes son *Prosopis laevigata*, *P. velutina* y *P. glandulosa*.

Clima

Precipitación. En las partes bajas de los valles del Noroeste de Chihuahua, el mezquite abunda en zonas que reciben alrededor de los 300 mm. con evaporación de más de 2000 mm formando así los climas que García (1988) clasifica como muy secos BW y secos BS (en ciertas áreas de transición).

En la parte oriental de Nuevo León, el mezquite se encuentra hasta un límite superior de los 500 mm anuales. Leopold (1959) cita como límite para el mezquital-pastizal entre 228-914 mm. Miranda y Hernández X. (1963) sitúan al mezquital en zonas con precipitación menor a los 700 mm, típicamente con climas BS y BW.

Temperatura y Altitud. En la cuenca del río Mayo el mezquital se desarrolla en altitudes comprendidas entre los 15 y los 1000 m.s.n.m., con temperaturas medias anuales de 27 a 32°C, con una máxima de 38-40°C y mínima de 17 a 23°C. Miranda y Hernández X. (1963), describen al mezquital en zonas de temperatura media anual superior a los 18°C, en la planicie costera del Golfo y en áreas con altitudes similares a las mencionadas.



Figura 3.103. Vainas de mezquite (*P. glandulosa*). La forma, color y tamaño de estos frutos es diversa y puede variar aún para una misma especie. Son valiosas como alimento y forraje; Tlahualilo, Dgo.

Suelos

El mezquite por lo regular alcanza su clímax en suelos profundos, pero también se presenta en suelos pedregosos de Baja California, Sonora y en la parte baja del Río Colorado.

Son vegetales que ocupan mesetas, llanuras, estepas, sabanas y algunas sierras bajas de las zonas áridas y semiáridas, llega a desarrollar muy bien en suelos pedregosos y pobres, pero por lo general tienen preferencia por los suelos profundos con agua subterránea al alcance de sus raíces, llegan a prosperar en suelos arenosos (cerca de las costas de Baja California y las dunas de Samalayuca), y según Rzedowski (citado por Borja, 1962), en suelos con un drenaje deficiente, acumulación de sales, alcalinidad, aunque estas condiciones influyen en un mayor espaciamiento del mezquite.

Textura: Migajón limoso, Migajón arenoso, Migajón arcilloso; pH : 7.8, 8.1, 8.2; % M. orgánica: 0.212-0.297; Relación C/N : 10.3; Cond. elect. mmhos 25°C.:4.4-9.0.

El mezquite posee un poderoso sistema radical ayudando así a controlar la erosión (aunque bajo ciertas condiciones la favorece).

Tipos de vegetación donde interviene

El mezquite ocurre como codominante en las nopaleras de *Opuntia streptacantha* y *Opuntia leucotricha* en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí con precipitaciones de 300-600 mm. Rzedowski (1961), menciona que el mezquital extradesértico desplaza al matorral submontano

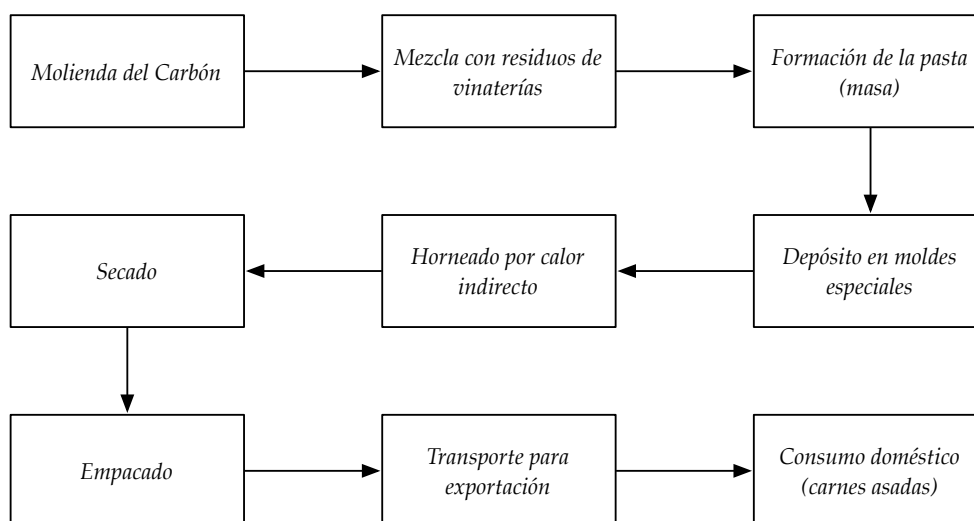


Figura 3.104. Fabricación de briquetas de carbón de mezquite. (En base a fábrica instalada en Nogales, Son.)

(del mismo autor) en San Luis Potosí bajo condiciones de suelo profundo. El mezquital se mezcla con el matorral desértico a los 1400 mts y con pastizal grama a los 2000 mts en el estado de Durango, Gentry (1957).

Principales Asociaciones

Asociación de *Prosopis juliflora*, *Flourensia* y *Larrea*

Asociación de *Larrea*, *Yucca filifera* y *Prosopis juliflora*

Asociación de *Prosopis juliflora* y *Opuntia leucotricha*

Asociación de *Larrea tridentata* con *P. juliflora* y *Y. filifera*

Sistemas de propagación y producción

Es una planta, que básicamente se reproduce por semilla. Útil para la formación de viveros. En algunos estudios se menciona que un kilogramo de semilla contiene aproximadamente 2,000 semillas con un 65-95% de germinación.

Hay evidencias, dada su morfología floral, de que es una planta alógama, ya que primero se extiende el estigma y después los estambres, lo cual favorece los cruzamientos naturales, Burkart (1952).

La diseminación de la semilla es zoófila y frecuentemente endozoica, se verifica por medio del aparato digestivo de los animales, al arrojar sus deyecciones.

En nuestro país, prácticamente eran nulos los estudios concernientes a hacer del mezquite propiamente un cultivo. Borja (1963) menciona algunas consideraciones importantes tendientes



Figura 3.105. Pequeña industria donde se fabrican briquetas de carbón de mezquite. Durante el proceso se mezcla con residuos de vinaterías lo cual da a la carne asada un exquisito sabor. Nogales, Sonora, (ver Figura 3.104).

a establecer una metodología de cultivo, la cual consiste en:

1. El manejo del cultivo se debe de iniciar con el desarrollo de una técnica adecuada de germinación de la semilla, pues a pesar de que hay lineamientos generales para esto, será riesgoso la utilización del germoplasma introducido con el empleo de técnicas que no han probado su eficiencia en el manejo de semillas.
2. La formación de viveros.
3. La realización de ensayos para definir la época de trasplante más recomendable, observar y obtener información sobre los cuidados que requiere el cultivo en su fase inicial.
4. La cuestión de la competencia con otras hierbas y arbustos no será de gran importancia, pues el mezquite se desarrolla en áreas con marcada eficiencia de precipitación pluvial, que limitará el desarrollo de una cubierta vegetal continua. Habrá problemas en zonas con mayor humedad ambiental e incremento de la precipitación que propician el desarrollo de malezas, por lo que aquí se deben de tomar mayores precauciones.
5. Probar experimentalmente cual es la densidad óptima de población bajo ciertas condiciones ambientales determinadas.
6. Prácticas culturales aconsejables en cultivos de plantas leñosas perennes, tales como fertilización y otras.

Bukart en su libro "Las Leguminosas Argentinas" menciona que hay dos parásitos vegetales de los algarrobos que son: *Aecidium prosopidicola* Speg que es un hongo que forma gruesos tumores sobre las ramas del caldén, *Prosopis americana* F. Baid. Otra es una fanerógama de la familia de las Hidnoráceas, que vive sobre las raíces de los algarrobos.



Figura 3.106. Las briquetas elaboradas con carbón de mezquite constituyen un producto de exportación. Se envían a Nogales, Tucson y Phoenix en Arizona, a los Angeles, Calif., etc.

También menciona que la madera en pie de *Prosopis nigra* ("algarrobo amarillo") frecuentemente presenta galerías provocadas por un insecto de nombre *Hammatocharus lacordaei* Gahan. En México no se han hecho investigaciones sobre plagas y enfermedades del mezquite.

Importancia socio-económica

Hay vestigios de que en la época prehispánica se utilizaban sus hojas, raíces, yemas, corteza, etc. con fines medicinales (Hernández, 1959), así como la utilidad de su madera en la producción de carbón, leña, etc.

Aunque Marroquín *et al.* (1981), consideran que el mezquite tiene una importancia secundaria con respecto a otras plantas útiles de las zonas áridas tales como *Opuntia* spp., *Agave lechuguilla*, *Yucca* spp., *Euphorbia antisyphilitica* etc., según Gómez *et al.* (1970), el mezquite tiene gran utilidad social que se puede encuadrar dentro de los siguientes aspectos principales:

Forestal. En la República Mexicana, donde el mezquite alcanza características de bosque, éste es aprovechado en la obtención de brazuelo, leña, carbón, cortezas, durmientes, morillos, postes, tablones, tables, en la manufactura de aperos de labranza, la construcción de piezas para carrocería y carretas de tracción animal, hormas para zapatos, briquetas de carbón; Figura 3.104 y Figs. 3.105, 3.106; curvos para armazón de barcos camaroneros (Fig. 3.107), parquet y muebles (Figs. 3.108 y 3.109).

Es importante también mencionar algunos de los productos obtenidos de otras especies además del mezquite, en algunos estados del país. En Sonora, la goma que segrega la corteza del mezquite es utilizada como alimento; ésta secreción se puede estimular por medio de incisiones durante la época seca (Martínez 1959). La goma se utiliza como pegamento y un árbol



Figura 3.107. Barco camaronero en cuya fabricación se usa madera de mezquite. Es un renglón al que debiera darse impulso para beneficio de la industria pesquera nacional. Puerto Peñasco, Sonora.

puede producir hasta un kilo anual. Domínguez (1978) del Instituto Tecnológico de Monterrey indicó la conveniencia de hacer trabajos para el aprovechamiento de la goma en diferentes usos. Métodos de obtención fueron investigados por Espejel (1980) en Puebla. Un trabajo más reciente para estimular la producción de goma por el tronco del mezquite (*Prosopis velutina*), está siendo realizado en mezquitalos nativos, cerca de Bermejillo, Dgo. (Dr. Arnoldo Flores, comunicación personal, 2009).

A continuación se da la superficie ocupada por mezquitalos (arbustivos y arbóreos) en los estados de mayor abundancia de éste, así como su total nacional (Cuadro 3.28).

Forrajera. El mezquite (*Prosopis juliflora*) y el tornillo (*P. cinerascens*), son grandes leguminosas o pequeños árboles que se encuentran comúnmente en algunas regiones del Sureste de los Estados Unidos, produce con frecuencia una gran cantidad de vainas que son consumidas por el ganado cuando se desprenden de los árboles y caen al suelo Morrison, (1988). Walton, citado por Burkart, (1952), señala que el rendimiento de frutos de *Prosopis juliflora* en el Sureste de los Estados Unidos es de unos 87 hectólitros de frutos por hectárea, de monte natural. Este último autor, señala que sobre todo la utilización del mezquite como alimento se base sobre todo en el fruto, que es una vaina modificada de tipo drupáceo, indehiscente, recta, encorvada o espiralada, en la que hay un epicarpio liso delgado y endurecido, un mesocarpio más o menos fibroso o pulposo harinoso y un endocarpio lignificado. De ahí la necesidad de moler previamente las vainas y semillas, operación difícil a causa de la gran cantidad de azúcar que contienen las vainas, Morrison, (1988).



Figura 3.108. Aserrado de madera de mezquite para la fabricación de parquet para pisos. Guadalupe, Zac.

En la República Mexicana y muy especialmente en el Norte del país, donde las condiciones climáticas son adversas para la producción de pastos en ciertas épocas del año, se presenta la necesidad de alimentar al ganado con otros productos sustitutos y así evitar en lo posible las pérdidas por la escasez de forraje. Uno de estos sustitutos son las vainas del mezquite, que es un forraje rico en almidones, azúcares y proteínas, de un bajo costo y disponible, en épocas críticas.

En Matehuala, S.L.P. se elaboran cajetas y obleas rellenas de cajeta y chiclosos con leche de cabras alimentadas con alfalfa achicalada y vaina de mezquite molida (Figs. 3.110 y 3.111).

Mathieu Faure, (1973), da el análisis de las vainas y de las ramas, efectuado por el Instituto de Química de Argentina, que se presenta en el Cuadro 3.29.

En México, uno de los más importantes, experimentos de nutrición con productos del mezquite, fué el realizado por Garza y Narváez en 1963. El experimento se realizó con ganado Holandés, utilizando la harina del fruto del mezquite (1.29 kg) en mezcla con *Acacia berlandieri* y pencas de nopal. Los resultados fueron un costo de producción por kg. de carne de \$5.66 pesos, en contraposición con \$10.11 por kg. de carne cuando el ganado fue alimentado con nopal y raciones concentradas. Posteriormente se ha llegado a demostrar que el alimentar al ganado con vainas de mezquite produce efectos deprimentes en la motilidad de rúmen, profunda salivación, avitaminosis, baja el apetito y la consiguiente disminución de peso, que llega a ocasionar la muerte del animal; todo esto es causa es causa de la alta concentración de azúcar que contiene las vainas de mezquite. Las recomendaciones que se hacen es que se debe evitar la alimentación exclusiva a base de vainas de mezquite y utilizar además otras clases de forrajes y complementos nutricionales. (Gómez *et al.*, 1970).

Industrial. Dada la semejanza bromatológica de las vainas del mezquite *Prosopis laevigata* (Gómez *et al.*, 1970) con las vainas del algarrobo *Ceratonia siliqua* L., es posible obtener alcohol del mezquite, pues en los frutos de estos árboles hay gran aproximación en el contenido de azúcar. Medina (1941) menciona que en algarrobo, de 100 kg de fruto, estos contienen 46.4 kg

Cuadro 3.28. Superficie cubierta por mezquiales en varios estados de la República Mexicana.

Superficie Arbustiva y Arbórea	Mezquiales 1977 ¹	2009 ²
Nuevo León	1,793,200 ha	587,800 ha
Durango		560,000 ha
Tamaulipas	1,550,000 ha	457,600 ha
Coahuila	935,600 ha	178,700 ha
Chihuahua		126,800 ha
Sonora	773,600 ha	1,888,000 ha
Guanajuato	639,720 ha	62,300 ha
Baja California	377,600 ha	
Baja California Sur		75,400 ha
Puebla	225,030 ha	
Michoacán	117,600 ha	
San Luis Potosí	114,750 ha	193,800 ha
Oaxaca	80,000 ha	
Jalisco	69,600 ha	
México	26,800 ha	
Otros ³		39,300 ha
Total	6,703,500 ha	4,042,900 ha

¹Inventario Nacional Forestal S.A.R.H. 1977

²Martínez *et al.*, 2009

³Incluye Michoacán, Oaxaca, Puebla, Jalisco y Baja California

Cuadro 3.29. Análisis químico proximal de vainas y ramas de mezquite *Prosopis* spp. de Argentina.

Composición	%	Digestibilidad	%
<i>vainas</i>			
Humedad	17.02	Materia Seca	82.56
Proteína bruta	17.93	Proteínas	80.13
Extracto etéreo	4.06	Ext. etéreo	90.98
Ext. no Nitrogenado	43.08		
Fibra cruda	19.08	Fibra	70.89
Residuos minerales	3.75		
<i>ramas</i>			
Humedad	18.43		
Proteína	13.56		
Extracto etéreo	4.36		
Ext. no nitrogenado	29.69		
Fibra cruda	28.25		
Residuos minerales	5.72		
Fósforo en P ₂ O ₅	0.42	Calcio	1.82



Figura 3.109. Muebles de madera de mezquite, como comedores, salas, etc. Se fabrican con un excelente acabado. Guadalupe, Zac.

de azúcar capaz de dar teóricamente 27.2 litros de alcohol absoluto. Felker (comunicación personal 1980) realizó ensayos al respecto como parte de un proyecto para utilizar el alcohol como energético, combinado con gasolina en Estados Unidos de América.

También se han tenido referencias de que el mezquite posee un gran potencial melífero, pues según cálculos que se han efectuado en la India, indican que un árbol en pleno desarrollo de *P. juliflora*, tiene capacidad de producir néctar para que las abejas produzcan 1 kilogramo de miel. Ramos *et al* (2000) lograron producir miel de mezquite de excelente calidad en mezquiales nativos de la Comarca Lagunera.

Mejoramiento del mezquite

A juicio de Borja (1963), el mejoramiento, del mezquite debe de contemplar la siguiente metodología, en particular la especie *Prosopis glandulosa*, *var. torreyana* en estado inmaduro:

(A) *Delimitación de áreas*. Para esto, considera necesario primeramente definir el tipo de utilización al que va a ser destinado el mezquital, que será principalmente:

- a) Producción forestal.
- b) Producción de néctar oral
- c) Utilización como forraje.

El mejoramiento con miras a la utilización con fines forestales se deberá de enfocar a especies como *Prosopis laevigata* y *Prosopis velutina*. Para esto recomienda zonas que posean las



Figura 3.110. Ganado caprino alimentado con alfalfa achicalada y vaina de mezquite molida, para la producción de cajeta y obleas. Industrias Medellín, Matehuala, S.L.P.

características de desarrollo del mezquite y no sean utilizadas en la agricultura ni posibles de utilizar como lo será la porción sur de Sonora, parte meridional del altiplano y regiones de la cuenca del Río Balsas. Con respecto a la utilización como forraje será conveniente localizar las áreas de importancia ganadera actual y potencial.

- (B) *Manejo del cultivo.* (Este punto ha sido tratado anteriormente en el subtítulo de propagación y producción)
- (C) *Formación de bancos de germoplasma,* para esto se cree conveniente localizarlos principalmente en:
 - a) Desierto Sonorense
 - b) Porción meridional de la altiplanicie septentrional.
 - c) Planicie Neolonesa-Tamaulipeca.
- (D) *Selección de Material.* De acuerdo con el criterio forestal lo que interesa es la obtención de árboles con mayor volumen maderable en el menor tiempo posible.
- (E) *Mejoramiento Fitogenético.* En el cual se buscará la obtención de mutantes sin espinas, resistencia genética al ataque de plagas y obtención de líneas puras por autofecundaciones.

Investigación sobre manejo

López (1973), realizó experimentos preliminares relacionados con la producción forrajera de mezquite (*Prosopis glandulosa var torreyana*). Para ello sometió lotes experimentales de árbo-



Figura 3.111. Obleas rellenas de cajeta elaborada con leche de cabra. Industrias Medellín, Matuhuala, S.L.P.

les a la aplicación de ácido indol3-butírico; el resultado fue mayor porcentaje de asentamiento (“amarre”) de frutos, incremento en su tamaño y maduración uniforme.

El mismo autor y dentro de otra fase de la experimentación, practicó la poda en arbustos y árboles de la misma variedad aunque en este caso lo que se observó fue el abigarramiento de hojas por haber sido una poda demasiado severa.

De sus investigaciones es posible concluir que se requieren para el primer caso la continuación de los experimentos pero probando otros reguladores del crecimiento y dosis en amplio rango. Para el segundo caso se deben probar diversas intensidades de poda y tener un control estricto en cuanto al incremento en diámetro de fustes primarios y secundarios así como la productividad de frutos.

El Dr. Peter Felker (comunicación personal) realizó investigaciones relacionadas también con la producción de frutos, producción de madera y fijación de nitrógeno por 13 especies de *Prosopis* con alrededor de 400 nuevas adquisiciones de las cuales se están probando en condiciones de campo alrededor de 100. (Riverside Univ. 1980).

Es indudable que los resultados de este tipo de investigaciones traerán una nueva concepción respecto a la potencialidad futura del mezquite como cultivo, algo que también ha sido contemplado por la *National Academy of Sciences* (1979) y por Felker (1979, 1987).

Situación actual en el aprovechamiento y cultivo del mezquite

Los mezquites son los árboles y arbustos más importantes para el habitante de las regiones áridas y semiáridas de México, por los numerosos beneficios y productos que le brinda. Por ello

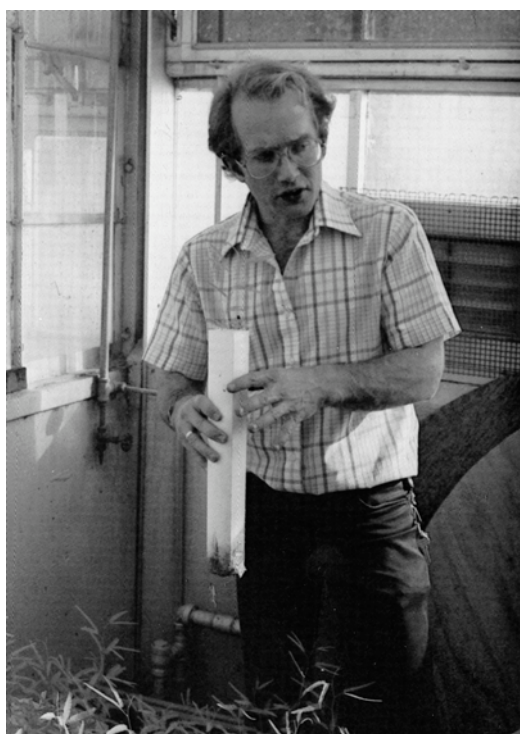


Figura 3.112. El Dr. Peter Felker muestra plántulas de mezquite en vivero. Conduce hasta la época actual, un amplio programa de domesticación del árbol (Caesar Kleberg Institute, Kingsville, Texas, 1985).

han sido tan estudiados en sus diversos aspectos. botánicos, ecológicos, etnobotánicos, forestales y económicos. Entre los estudios recientes de investigación aplicada, realizados con este recurso destacan.

La poda en sus diversas modalidades como formación, rejuvenecimiento y producción, practicados en diversas regiones y localidades de México, tanto de manera experimental como también dentro de sistemas de manejo y producción forestal. Corona *et al* (1998) encontraron un efecto positivo en la calidad del fruto de mezquites *P. glandulosa* podados respecto a mezquites no podados. Ramos *et al* (2000) registraron incrementos en la producción y calidad de vaina, en mezquites *P. glandulosa* podados, así como buena calidad de miel para usos agroindustriales, producción aceptable de polen, goma y cera de abeja excelentes para diversos propósitos. Todos estos productos fueron logrados bajo condiciones de aridez (260 mm de lluvia anual) en el Rancho Meraz y Ejido El Renegado de Tlahualilo, Dgo. Solorio y Gómez (2000) estudiaron el efecto de los brúquidos *Algarobius prosopidis* sobre la calidad de vainas de mezquite *P. glandulosa* en Rancho Meraz de Tlahualilo, Dgo.

Felker, años antes (1980) había logrado incrementos considerables en el diámetro de mezquites *P. chilensis* podados, plantados en el Campo Experimental de la Universidad de Riverside,

Calif. (Figura 3.112), 1980, com. personal.

El potencial de producción potencial de maderas duras, de plantaciones de *Prosopis*, fue analizado para Argentina y los Estados Unidos por Felker y Guevara (2003); concluyen que es una buena opción económica si se reducen al mínimo los gastos en insumos y operaciones de las plantaciones.

En un mezquital natural de un agricultor cooperante, en Tlahualilo, Dgo. Carrillo (2005) evaluó el incremento en madera de mezquites *P.glandulosa* podados y no podados, con resultados prometedores a mediano plazo y la posibilidad de vender la leña lograda con la poda para pagar el costo de la misma.

En el Campo Experimental del INIFAP de General Teherán, N.L. y ranchos particulares del mismo municipio, se evaluó la productividad de vaina como fuente de germoplasma, incremento de madera en mezquites *Prosopis* spp. podados y no podados para producción de leña y carbón, así como de nuevos productos de mezquite (Martínez *et al.*, 2009).

Solorio (2004) evaluó el potencial productivo de vaina de mezquite y frijol tepari bajo un sistema agroforestal establecido cerca de dunas de arena con agricultores cooperantes en el Ejido El Renegado, Tlahualilo, Dgo. logrando producción, aunque esta fué limitada por exceso de sales en el suelo, en esas condiciones el frijol común no produce nada.

Así, la importancia económica del mezquite en algunos estados de la República Mexicana, que fuera descrita por Gómez *et al.* (1970) donde destacaban productos tales como vaina, carbón, leña en raja, madera aserrada, etc. ha evolucionado y hoy es posible la producción comercial de una mayor cantidad y calidad de productos y subproductos con mayor valor agregado. Además de los antes citados están. harina de mezquite para la industria alimentaria elaboración de pinole, galletas, pan de caja, panecillos, botanas, etc. (Meyer, 1984), También por la miel, polen, propóleo y cera (obtenidos de la apicultura en el mezquital), goma galactomanana útil como aditivo alimentario para yoghurt, mayonesas, helados, etc., sustituyendo a gomas caras como la goma arábica y fracción harinosa de algarrobo *Ceratonia siliqua*, importadas de África y España respectivamente.

Por ello y debido al interés de campesinos, ganaderos e industriales en el aprovechamiento y transformación de las diversas materias primas y productos obtenidos del mezquite, la CONAFOR convocó al Foro de Mezquite. Innovación, Tecnología y Conservación en julio de 2009, en Hermosillo, Son. a n de ofrecer un espacio a productores y diferentes actores del sector para conocer e intercambiar experiencias exitosas de proyectos relacionados con el mezquite. En este se expusieron los avances más recientes en cuanto a aprovechamiento y manejo de mezquites nativos y plantaciones, así como de microempresas donde se elaboran harinas y artesanías de madera de mezquite. Otro propósito del evento fué vincular al sector oficial con los productores relacionados con el aprovechamiento del mezquite en el noroeste de México (CONAFOR, 2009b).

Es importante destacar que la propia CONAFOR está financiando desde el 2008, por medio de varios programas lo referente a establecimiento de plantaciones (Fig. 3.113), manejo, capaci-



Figura 3.113. Vivero de mezquite (*Prosopis laevigata*) apoyado por la CONAFOR, para establecimiento de plantaciones comerciales en Durango. Bermejillo, Dgo. 2009.

tación, organización, etc. a fin de lograr un mejor aprovechamiento de el mezquite, contribuir a la restauración forestal y al mejoramiento ambiental a través de la captura de CO₂.

3.2. Valoración Ecológica, Etnobotánica, Tecnológica, Económica y Social

3.2.1. Valoración ecológica

Las plantas de importancia económica en las zonas áridas, motivo de este estudio y muchas otras más, deben ser valoradas en primer lugar aplicando un criterio ecológico, por las funciones que realizan en los ecosistemas áridos. Desde el punto de vista de los ecólogos, las plantas constituyen el eslabón más importante en las cadenas tróficas (Grenot, 1983) porque son el alimento básico de los animales del desierto. A través de sus diversos patrones fotosintéticos contribuyen a la formación de alimentos verdes, fijación de CO₂ y liberación de O₂. Recientemente Nobel (2010) afirma que las cactáceas y agaváceas, además de tener un alto potencial productivo por su reducida pérdida de agua y captación nocturna de CO₂, son las “plantas ideales para el futuro”, ya que al incrementarse el contenido de CO₂ en la atmósfera causando el calentamiento global, estas resultan beneficiadas y al secuestrar cantidades importantes de este gas mediante su patrón fotosintético tipo CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas) contribuyen a mitigar el efecto de invernadero y calentamiento global.

Algunos estudios realizados en sitios del Desierto Chihuahuense utilizando sofisticados instrumentos y equipos computarizados, han registrado el intercambio de gases en el suelo y el papel de plantas desérticas en el mismo (López Santos, A. comunicación personal 2009). El mismo investigador (2010) también está evaluando el papel de algunas comunidades bióticas de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango en la mitigación del cambio climático, así como su vulnerabilidad ante el mismo para tomar las medidas preventivas necesarias.

3.2.2. Valoración etnobotánica

Este es otro aspecto que se relaciona con la valoración de las plantas desérticas en relación con la supervivencia del hombre y que se ha estado trabajando desde hace varias décadas por investigadores extranjeros, entre ellos Nabhan y Felger (1985) que han realizado numerosos estudios y publicaciones acerca de plantas importantes del Desierto Sonorense. En México destaca la escuela etnobotánica impulsada por Hernández Xolocotzi (1973) y sus conocidos discípulos como Glárico Alanís (UANL) y Miguel Ángel Martínez A.† (UNAM) y algunos otros que han hecho contribuciones importantes a esta ciencia. A partir de los estudios realizados y la metodología aplicada se han podido conocer y valorar diversas especies de plantas que se han convertido en recursos genéticos de gran importancia en proyectos aplicados para el desarrollo de nuevas variedades agrícolas, frutícolas y forestales.

Los ejemplos son variados, maíz *Zea mays*, frijol común *Phaseolus vulgaris*, frijol tepari *Phaseolus acutifolius* var. *latifolius*, nopales *Opuntia* spp., magueyes *Agave* spp., pitayos *Stenocereus* spp., mezquites *Prosopis* spp., orégano *Lippia graveolens*, etc.

En estudios regionales realizados en algunas localidades áridas de Coahuila y Durango, y con la participación de estudiantes del curso de Etnobotánica de Zonas Áridas, se ha podido establecer una valoración de las plantas útiles para las comunidades campesinas que las aprovechan ocupando siempre el mezquite el primer lugar en importancia para la supervivencia del hombre en los ejidos estudiados, por todos los productos y beneficios que les brinda (Gómez *et al.*, no publicado).

En recorridos y estancias de campo realizados entre 1980 y 2009 en diversos lugares del Desierto Chihuahuense, Desierto Sonorense, regiones áridas Poblana, Hidalguense, Guerrerense y Veracruzana se han podido conocer los usos de las principales especies de plantas nativas y el valor que tienen para los campesinos, muchos de los cuales viven en condiciones de pobreza. (Gómez, no publicado).

Aplicando la metodología recomendada por Hernández X. (1970) ha sido posible rescatar la gran experiencia y conocimientos acerca de las plantas transmitidos por generaciones pasadas hasta el presente. Es necesario insistir en que urge realizar más estudios etnobotánicos, pues al aplicar encuestas y realizar entrevistas se encontró que el conocimiento tradicional está en riesgo de perderse al morir las personas de mayor edad en cada comunidad, que son las más conocedoras del uso de las plantas nativas. Las generaciones jóvenes no tienen mucho interés en ello, pues han caído en las costumbres modernas de la sociedad de consumo, adquiridas en

su desplazamiento a las ciudades o en sus estancias como ilegales en los EUA.

3.2.3. Valoración tecnológica

La valoración de tecnología puede ser definida como un proceso de análisis, pronóstico y valoración de avances tecnológicos y su impacto sobre la sociedad resultando en opciones de acción para los tomadores de decisiones. El término “valoración tecnológica” fue acuñado a fines de los años sesentas por el Subcomité de Ciencia, Investigación y Desarrollo de el Congreso de los EUA. Entonces fue definido como una forma de política de investigación, un método de análisis que aprecia sistemáticamente la naturaleza, significación, estado y mérito del progreso tecnológico con una visión para la identificación de políticas, valorando el impacto de rutas de acción alternativas y presentando hallazgos (Hetman, 1983).

El mismo autor indica que por el lado del análisis, esta comprende el estudio de parámetros tecnológicos, la elaboración de pronósticos tecnológicos, el análisis de factores sociales, ambientales, culturales y políticos, una valoración general de todos los efectos relevantes y posibles consecuencias de una tecnología y una evaluación de alternativas. Por el lado de los tomadores de decisiones, esta implica mecanismos institucionales apropiados que hagan posible también identificar demandas por cambio tecnológico, impulsar el conocimiento científico y tecnológico a las necesidades de la sociedad, elegir las tecnologías socialmente aceptables, determinar medios adecuados de acción y planear las fases adecuadas de implementación.

Desde el principio ha habido dos tendencias divergentes en enfoque y filosofía. La primera que se puede llamar enfoque tecnologista, considera que la valoración tecnológica examina los impactos de todas las políticas alternativas que se pueden seguir, pero no da una recomendación específica que involucre sistemas de valor. La valoración termina en los límites del análisis tecnológico ampliado, dejando el resto a procesos tradicionales existentes, sociales y políticos. La segunda, por el contrario examina la administración de la tecnología como una parte de la planeación total o “ingeniería social”. En su formulación extrema inicia examinando valores, políticas sociales y objetivos y trabaja para valorar la tecnología a fin de clarificar las opciones técnicas apropiadas (Hetman, 1983).

Para Linstone (1983) la ciencia y la tecnología representan la profesión más exitosa de los tiempos modernos. Desde Galileo hasta el aterrizaje lunar, desde Darwin hasta la recombinación del ADN, los paradigmas de la ciencia y la tecnología han rendido triunfos enormes. Estos paradigmas incluyen los siguientes.

- La definición del problema abstraído de el mundo alrededor y las presunciones implícitas de que los problemas pueden ser “resueltos”,
- Optimización o la búsqueda para una “mejor solución”,
- Reduccionismo, estudio de un sistema en términos de un número limitado de elementos e interacciones entre ellos,
- Cuantificación de la información,

- Objetividad, evitando el sesgo del investigador,
- Ignorando lo individual (p. ej. usando promedios),
- Tiempo y movimiento como medidas lineal y física.

Una tecnología y su ambiente son vistos típicamente como un sistema. Las herramientas para análisis de sistemas son consideradas apropiadas y se aplican las guías tradicionales para su análisis. Los impactos técnicos son descritos cuidadosamente y donde es posible cuantificados. Además, se calculan los costos y beneficios (Linstone, 1983).

La valoración de la tecnología ha evolucionado gradualmente, desde simples análisis de costo beneficio hasta métodos sofisticados para análisis de políticas. Es una consecuencia de el desarrollo tecnológico, de la incorporación rápidamente creciente de nuevas tecnologías a la sociedad y de los impactos crecientes que estas causan. En los países en desarrollo (como México), con una economía de libre mercado, el desarrollo de la Valoración de la Tecnología ha estado orientado hacia problemas de naturaleza ambiental (Campos *et al.*, 1983).

Los mismos autores afirman que la valoración de tecnología es un estudio sistemático de la interacción entre una tecnología específica y la sociedad. No es un estudio de ingeniería, ni uno económico, legal o una investigación operacional, pero puede incorporar parte de ellas. Esta basada en análisis de sistemas y acepta flexibilidad partiendo del hecho de que los casos tecnológicos que la rodean pueden ser muy diversos. Como ejemplo de aplicación incluyen el caso del guayule, que en los años ochentas era un fuerte candidato para convertirse en nuevo cultivo agrícola o forestal (según diferentes puntos de vista de la época) dado el avance tecnológico alcanzado por la Planta Piloto de Guayule en Saltillo, Coahuila. Este proyecto no llegó a cristalizar debido a diferentes problemas incluyendo los de tipo político. Sin embargo, consideramos que los conocimientos generados en cuanto a las técnicas para el desarrollo, valoración tecnológica y social de este recurso debieran retomarse en el futuro para otras especies de importancia económica como algunas tratadas en este estudio.

3.2.4. Valoración económica

No hay duda que para la economía de los habitantes de las zonas áridas y semiáridas de México resulta muy valioso e imprescindible el aprovechamiento de muchas de las plantas que crecen en sus traspatios o cerca de sus casas. Desde un punto de vista doméstico, los campesinos de ingresos muy limitados tienen su propia percepción en cuanto a los beneficios que tienen para su economía cada uno de los recursos naturales que tienen a su alrededor.

Baste decir que hoy, con todos los avances tecnológicos y recursos que disponemos en las ciudades, es difícil concebir campesinos que viven bajo las condiciones precarias del siglo XIX, sin agua, sin luz, y un mínimo de satisfactores para subsistir. Podemos decir pequeños héroes ignorados por la sociedad de consumo derrochadora de alimentos, agua, luz, energéticos, etc.

Aunque muchos miles de campesinos han emigrado, huyendo de las condiciones de pobreza extrema aún quedan muchos que se niegan a salir por el amor a su terruño y sus costumbres

ancestrales. Por ello es conveniente dar alternativas que promuevan una valoración económica capaz de proporcionar ingresos suficientes a los campesinos y otros propietarios de la tierra.

Realizar una valoración económica actualizada, integral y objetiva es algo muy necesario y conveniente, sobre todo para cuando se quieran diversificar las alternativas económicas y desarrollar algunos proyectos particulares para las especies incluidas en este estudio o muchas otras que están por el camino de convertirse en nuevos cultivos.

Un avance importante en este aspecto ha sido la promoción de cadenas productivas para lograr la integración de los diferentes eslabones que participan en el proceso de aprovechamiento y/o cultivo de algunas de las principales plantas con valor económico en zonas áridas y semiáridas.

Según André Mauce (2006) el concepto de cadena productiva se refiere a todas las etapas comprendidas en la elaboración, distribución y comercialización de un bien o servicio hasta su consumo final. Algunas concepciones también integran aquí el financiamiento, desarrollo y comercialización del producto, considerando que tales costos componen el costo final y que por tanto le incorporan valor que luego será recuperado gracias a la venta del producto.

El valor económico de plantas de importancia para el hombre, podrá multiplicarse con la transferencia de la tecnología generada para cada especie aprovechada o cultivada en cada región árida del país.

3.2.5. Valoración social

Consideramos que los beneficios que brindan las plantas de zonas áridas y semiáridas en el país tienen una gran importancia desde el punto de vista social. En primer lugar contribuyen a la generación de trabajo para miles de campesinos en cientos de comunidades dispersas a través del país, lo cual propicia una cierta organización familiar, pues mientras los hombres de la casa van al campo a pastorear sus cabras o ganado mayor, recolectar o cosechar los productos, según la especie de que se trate, la esposa e hijas se quedan trabajando en las labores domésticas del hogar, lo cual propicia una mejor organización e integración familiar.

Durante muchos años, trabajando con algunas comunidades campesinas en zonas áridas y semiáridas de varios estados del país, se ha logrado su colaboración en trabajos de campo o proyectos de investigación. Así, se han podido identificar las prioridades con las que valoran el aprovechamiento de las plantas en su entorno, siendo tres sus preocupaciones principales.

- Asegurar su alimentación a través de la recolección de productos silvestres o cosechas de cultivos establecidos, cuando el temporal ha sido favorable; en sitios donde las condiciones lo permiten tienen un pequeño huerto familiar.
- Procurar el mantenimiento de una reserva de agua para el consumo familiar y de sus animales.
- Recolectar leña y mantener una cantidad suficiente de reserva para cocinar sus alimentos y otros usos domésticos.

Por otra parte está la generación de empleos en la ciudad a partir de las materias primas que se logran en las zonas áridas o semiáridas. En varias ciudades pequeñas o grandes ubicadas en distintas regiones del país son varias las industrias que se encargan de transformar esas materias mediante diversos procesos agroindustriales o industriales en productos elaborados con valor agregado. Esas industrias, como se describió en el capítulo 3.1 producen una diversidad de artículos y productos, tanto para consumo en mercados nacionales como de exportación. Es necesario que una parte del valor agregado que se logra a través de las cadenas productivas y las cadenas de valor llegue de alguna manera a los campesinos, pues solo así se logrará la permanencia del capital social en el campo, logrando además un estímulo económico que evite la emigración y le de sustentabilidad a los recursos vegetales, agua y suelo en los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas de México.

3.3. Aspectos complementarios para el aprovechamiento y manejo de plantas en zonas áridas

De acuerdo con lo descrito y analizado en este estudio y las experiencias logradas en contacto con la problemática de las zonas áridas y semiáridas de México, hay tres aspectos muy importantes para impulsar un mayor desarrollo de estas con base en el aprovechamiento integral y manejo sustentable de las plantas de importancia económica actual y potencial. A continuación nos referimos a ellos, reconociendo que puede haber otros, dependiendo del lugar y criterio del observador o tomador de decisiones.

3.3.1. Estudios de impacto ambiental y planes de manejo

Debido a los daños sufridos por la vegetación, la fauna y el suelo en los ecosistemas áridos, y el llamado de atención hecho por los ecólogos y otros especialistas (De la Cruz, 2009), se ha generado una corriente de opinión favorable hacia la conservación de los recursos naturales. Esta presionó desde fines de los 80, para el establecimiento de una legislación más adecuada y acorde a nuestros tiempos con respecto a un mejor aprovechamiento de plantas, animales, suelo y agua en las zonas áridas de México y que es la actual Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicada en 1988. Al respecto, Medina Valle (2010) hace un análisis de las leyes sobre materia ambiental que dieron origen a esta ley y las modificaciones que se le han hecho hasta la fecha. Siendo la SEMARNAT a través de la PROFEPA (Procuraduría Federal para la Defensa del Ambiente) la encargada de sancionar a los transgresores.

Actualmente, para autorizar algún tipo de aprovechamiento a partir de la vegetación natural es necesario realizar un Estudio de Impacto Ambiental por personal capacitado y autorizado oficialmente por la SEMARNAT. Son generalmente Bufetes de Asistencia Técnica Agropecuaria y Forestal, en los cuales laboran ingenieros agrónomos y biólogos de diferentes especialidades. A través de un estudio detallado que incluye diferentes parámetros ecológicos incluyendo



Figura 3.114. Comisario del Ejido “El Renegado” recibiendo alfabetización por parte de estudiantes de agronomía de la URUZA-UACH, Tlahualilo, Dgo.

características de suelo y agua, flora y fauna se hace una evaluación integral de los recursos disponibles en el predio estudiado. El estudio debe incluir un plan de manejo que debe explicar con claridad las especies vegetales y/o animales susceptibles de aprovechamiento, volumen, cantidad, periodicidad del aprovechamiento, métodos o técnicas a aplicar, períodos de recuperación, etc. Además, un estudio socioeconómico de la comunidad y región que justifique el proyecto.

Actualmente muchos de los recursos naturales en zonas áridas, están siendo aprovechados bajo la forma legal de UMAS (Unidades de Manejo Ambiental Sustentable) con la condición de utilizar los recursos naturales preservando su permanencia para las generaciones futuras.

3.3.2. Transferencia de Tecnología

Desde hace más de treinta años llamó la atención el atractivo concepto “transferencia de tecnología”, al cual le dan una diversidad de interpretaciones, desde fases específicas de la difusión del conocimiento hasta una noción integradora de la tecnología como motor principal del comercio y desarrollo mundial.

Podemos afirmar que hay varios niveles en el proceso de transferencia que a grandes rasgos serían regional, nacional e internacional. Una vez generado el conocimiento o la tecnología, procede su validación en el campo, laboratorio o industria. Luego de ello, sucede con frecuencia que se hace la publicación de los resultados en un artículo, ponencia o libro de preferencia en inglés.

Actualmente existe una gran cantidad de información científica y tecnológica, almacenada en oficinas, instituciones y bibliotecas, pero que difícilmente llegan a ser conocidas por los usuarios potenciales, sean campesinos, ganaderos, industriales, etc. simplemente porque muchos están en un nivel no entendible o aplicable.



Figura 3.115. Ingenieros recibiendo curso de capacitación para la propagación de plantas, como cactáceas y otras plantas de importancia económica en zonas áridas. Saltillo, Coah.

Por la razón anterior, la política de diversas instituciones a partir de hace poco más de 15 años es de apoyar con recursos económicos, solamente los proyectos de investigación que estén ligados a un problema real y en que participen de alguna manera las opiniones de los beneficiarios potenciales. Así se observa en el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) a través de sus Sistemas Regionales de Investigación, el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) a través de la Fundación Produce, etc.

Aun así, no hay la certeza de que los conocimientos y tecnología generados por la investigación tengan aplicación, pues muchos campesinos, ganaderos y otros usuarios potenciales no saben leer ni escribir (Fig. 3.114). Por lo expuesto, es urgente que la investigación científica y tecnológica relacionada con los recursos naturales esté vinculada cada vez más con los sectores productivos del campo, sobre todo en zonas áridas y semiáridas del país, sólo así podrá impulsarse el desarrollo armónico y la independencia agropecuaria, alimentaria, agroindustrial, farmacéutica, etc. del país (Fig. 3.115).

3.3.3. Desarrollo de nuevos productos y mercados

Otro de los objetivos de la tecnología es la búsqueda de nuevos productos a partir de las materias primas conocidas o de nuevos materiales a través de investigaciones recientes. Los ejemplos de esto son numerosos, muchos de ellos están a la espera de emprendedores interesados y nuevos inversionistas que muestren interés en su desarrollo.

A la par con el desarrollo de nuevos productos y materiales debe ir la búsqueda de mercados capaces de absorber y comercializar esos productos. Aquí se puede hablar de una diversidad como semillas, granos, frutas, aceites comestibles, industriales y esenciales, grasas, extractos, gomas, biocidas naturales, biomasa, principios activos farmacéuticos, antibióticos naturales, etc.

DISCUSIÓN

Candelilla. Una situación muy avanzada se detectó para la candelilla *Euphorbia antisiphilitica*, pues aunque la extracción del cerote se sigue haciendo de la manera tradicional en el campo, algo distinto sucedió con la refinación. El antiguo Programa de Compra y Refinación de Cera de Candelilla del BANRURAL, fué sustituido por CENAMEX que se integró en cooperativa con campesinos candelilleros de Coahuila, Zacatecas, Nuevo León y San Luis Potosí, pero debido a malos manejos quebró en 1997; después se anunció su reapertura en el 2009.

De acuerdo con las cifras del Cuadro 3.2 y Figura 3.9 (pp. 27 y 26), se observan grandes fluctuaciones, con mayor producción y valor económico de cera de candelilla en los años 2000 y 2005. El valor económico total en ese período fue de \$216,013,755.00. Al comparar el Cuadro 3.3 (p. 28) con datos disponibles del Cuadro 3.4 (p. 28), se infiere que la exportación de cera de candelilla ha tenido variaciones importantes y que en años recientes, del 2003 al 2008 muestra una tendencia a incrementarse.

Actualmente la empresa MULTICERAS en García, N.L. ha realizado importantes avances tecnológicos, cuenta con certificación ISO-9000 y elabora nuevos productos con mayor valor agregado para los mercados de exportación como E.U.A., Alemania, Japón, Países Bajos, China, Francia, Finlandia, Bielorrusia, Italia y Corea. La sustentabilidad de la candelilla se está asegurando mediante plantaciones comerciales, lo cual excluye a la especie de estar en riesgo, además de alianzas estratégicas con instituciones académicas y de investigación que tienen contemplado para el futuro establecer un Instituto de Candelilla.

Lechuguilla. Con respecto a la lechuguilla *Agave lechuguilla*, el ixtle logrado tiene aún un amplio mercado. El aprovechamiento y manejo han sido mejorados en cuanto al tallado mecanizado de la fibra y los campesinos están en libertad de venderla a quien les pague mejor. Según las cifras del Cuadro 3.8, y Figura 3.27 (pp. 48 y 49), se muestran grandes variaciones, con máximos de producción en 1998 con 3,618 ton y 2007 con 4,929 ton. El valor económico total en ese período fué de \$142,621,439.00. Actualmente México es el principal exportador mundial de fibras, compitiendo en el mercado con países de África y Brasil. La integración de una cadena productiva de ixtle en el sur de Coahuila abrió mayores perspectivas de mercado hacia Europa; los asociados cuentan con 200 mil a 300 mil ha de lechuguilla y producen 180 toneladas de ixtle al año. Según la CONAFOR, entre el 2003 y 2007 se registraron ventas por \$ 350,000.00 dólares y representaron 43 por ciento de la producción mundial. El establecimiento de plantaciones

desde el 2005 muestra el propósito de los productores de darle sustentabilidad a la actividad ixtlera en esa región. Existen al menos diez empresas dedicadas al ramo de estas bras duras con posibilidad de crecimiento.

Magüey pulquero. En relación al magüey pulquero su importancia como cultivo empezó a disminuir en la década de los 70 cuando se le dió mayor importancia a otros cultivos como la cebada (base de la industria cervecera). Aun así, el cultivo permanece, siendo actualmente Hidalgo, México, Puebla, Tlaxcala los que tienen mayor superficie y San Luis Potosí, Michoacán, Querétaro, Morelos, Guanajuato y Veracruz menor. Al respecto, comparando los datos del Cuadro 3.10 (p. 62) con los del Cuadro 3.11 (p. 62), se observa que las superficies cultivadas disminuyeron de 25,053 ha a un estimado de 7,000 ha, en tanto que para los años 2007-2009 el valor promedio de la producción fue alrededor de \$ 500,000,000.00.

Según datos recientes de SAGARPA (2009) el magüey pulquero produce ingresos de \$130,600 pesos por hectárea a productores de Hidalgo que superan con mucho a los producido por maíz \$3,200.00 pesos/ha, frijol \$ 3,500.00 pesos/ha y cebada \$ 3,300.00 pesos/ha. lo cual hace atractivo su cultivo. En 2010 Hidalgo fué el estado más productor de pulque.

Magüey tequilero. Con respecto al magüey tequilero encontramos que es el cultivo que ha mostrado el desarrollo más espectacular en cuanto a superficie cultivada, ligada a la evolución de la producción industrial, como se observa en la Figura 3.39 (p. 72), que muestra el incremento de 1.95 millones de agaves en el 2000, a 42.26 millones en el 2007, seguido por una disminución en 2008 y 2009, debida a su utilización para el tequila. Esto se debe principalmente a que su origen como cultivo data de finales del siglo XVIII cuando se empezaron a establecer pequeñas destilerías que fueron el origen de grandes empresas tequileras de hoy como Tequila Cuervo, Sauza, Herradura y otras. La superficie de cultivo era de 161 mil ha en el 2007 y el volumen de tequila producido pasó de poco más de 20 millones de litros en 1980 a alrededor de 300 millones de litro en 2009 (Nobel, 2010) exportando el 70 %.

La tecnología cambió tanto en la técnica de cocción de las “piñas” de mezcal que ahora es casi únicamente en autoclaves, como en la maquinaria para triturado y separación de el mosto. Se mejoró la eficiencia en la destilación y hay un doble control de calidad, en los laboratorios de las industrias tequileras y en el laboratorio de la Cámara Regional de la Industria Tequilera y certificada por el Consejo Regulador del Tequila, en Guadalajara, Jal. Así, la calidad del tequila de exportación está a la altura de los mejores *Cognacs* o *Whiskies* de importación. La Denominación de Origen y la Norma Oficial Mexicana (NOM 006SCFI-1993) protegen a los productores, industriales y consumidores con un producto de excelente calidad, que genera alrededor de \$4,500 millones de pesos y aproximadamente \$10,500 millones de dolares por exportaciones.

Sin embargo, recientemente Simonin (2010), afirma que la crisis del agave de principios del siglo XXI, propició que varias marcas tradicionales de tequila de renombre internacional (Cuervo, Sauza, Herradura) fueran adquiridas por empresas trasnacionales en perjuicio de la industria tequilera y los productores; a eso se deben los altos precios actuales. Algo aún más grave es que el tequila está siendo importado en tanques cisterna para luego embotellarlo, etiquetarlo y

comercializarlo con marcas extranjeras en perjuicio de productores, embotelladoras y vidrieras. Además, tequila “pirata” está siendo embotellado en China con marcas y etiquetas como bebida 100 por ciento hecha en México. Señala que se requieren medidas urgentes para evitar que la industria del tequila se convierta en un mero plantío de agave en el patio trasero de transnacionales de bebidas alcohólicas.

Maguey mezcalero. Respecto al maguey mezcalero *Agave angustifolia*, se observó un establecimiento creciente de plantaciones comerciales en los municipios considerados por la Denominación de Origen en Oaxaca, como se indica en el Cuadro 3.14 (p. 82). En el periodo 2001-2005, la superficie cultivada con maguey mezcalero fue de 11,751 ha. Esto es muy importante para darle sustentabilidad a la producción de mezcal, porque hasta ahora no ha sido autosuficiente en el abasto del agave; aunque existen en el país más de 330 mil ha de maguey silvestre, son más de nueve mil productores que generan 29 mil empleos y para mantenerlos requieren materia prima suficiente. En cuanto a la industria del mezcal se requiere fortalecer la certificación. Esto es algo que compete al Consejo Mexicano Regulador del Mezcal, pues en los estados productores que son Oaxaca, Guerrero, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato y Tamaulipas se tienen 150 marcas registradas y de estas sólo 78 están certificadas. La producción nacional de mezcal en el 2009, fue superior a dos millones de litros, de los cuales 434,000 se exportaron. En los últimos 4 años SAGARPA ha apoyado a los gobiernos estatales para impulsar la rehabilitación y modernización de la planta productiva a fin de cumplir con la NOM-070-SCFI-1994-Mezcal. Esto permitió incrementar la producción de mezcal certificado en 420 % y las exportaciones en 62 %, una mejor posición y diversificación internacional.

Maguey bacanora. En cuanto al maguey de bacanora *Agave angustifolia*, es digno de llamar la atención, pues como se describió anteriormente, era sólo una industria doméstica que durante muchos años trabajó de manera ilegal con agave silvestre y es relativamente reciente el impulso que ha tenido su desarrollo como nuevo cultivo en Sonora. De acuerdo con Gutiérrez *et al.* (2007) el interés se debe a que más de tres mil productores se dedican a destilar bacanora, generando el año 2005 una derrama económica de 36 millones de pesos por la venta de 300 mil litros de la bebida. Tiene un lugar importante entre las bebidas representativas de México como el tequila, el mezcal y el sotol. También opinan que, de las industrias del tequila y el mezcal se pueden aprender lecciones importantes para la nascente industria del bacanora en Sonora. Luego de la Declaratoria de Denominación de Origen del Bacanora y la emisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-168-SCFI-2004-Bacanora, incluidas en el tema (p. 89).

Sotol. Referente al sotol, lo más sobresaliente es que la incipiente industria ha empezado a ser impulsada con mayor interés a raíz de la Declaratoria de Denominación de Origen del Sotol, así como de la Norma Oficial Mexicana NOM-159-SCFI-2004-Sotol (p. 95), y la integración en el 2005 de el Consejo Mexicano Regulador del Sotol (CMRS) en el cual participan representantes y productores de los estados considerados en la citada Denominación de Origen, Coahuila, Chihuahua y Durango. En julio del 2010, este Consejo con apoyo del Gobierno de Chihuahua, promovieron la Expo Sotol, Tequila, Mezcal y Bacanora. Al evento, organizado con el fin de

promover la bebida regional a nivel nacional, asistieron alrededor de 70,000 personas. Con esta estrategia se trató de dar impulso a la actividad de productores, industriales y en general a todos los interesados en el desarrollo y modernización de esta industria que según ha expresado el presidente del CMRS se desea llegue a tener un desarrollo equiparable al del tequila. Algunas de las industrias de reciente creación cuentan ya con plantaciones comerciales de sotol, pero mientras crecen las plantas, están aprovechando sotol silvestre.

Nopales. Por lo que hace a las diversas especies de nopal, las discutiremos en conjunto por las variedades de uso que tienen, en especial *Opuntia ficus-indica* y *Opuntia megacantha* (que algunos consideran sinónimo de la primera). De acuerdo con las cifras del Cuadro 3.18 (p. 108), son 11 los estados donde se cultiva nopal tunero, con 56,100 ha y una producción 396,000 ton en el 2006; En cambio, según el Cuadro 3.19 (p. 110) son 8 los estados productores de nopal verdura con una superficie de 9,318 ha y una producción estimada de 267,385 ton en el 2003. Mientras que hasta hace pocos años se hablaba solo del aprovechamiento o cultivo para los propósitos de producción de tuna, verdura y forraje para el ganado, actualmente se les ha dado mucha importancia a los productos y subproductos derivados de los *cladodios*, cuya fibra tiene excelentes propiedades como laxante natural, eliminador de colesterol y de altos niveles de glucosa en la sangre, obesidad y cicatrizante. También se usan para elaborar champúes y geles de baño. Los extractos de tunas tienen acciones analgésicas y antiinflamatorias. En la India se prepara un jarabe de tuna para la tos y el asma. Los pétalos de flores secos sirven para prevenir el cáncer de próstata. El carmín derivado de la grana cochinilla contiene ácido carmínico, reconocido por la OMS como hipoalergénico y muy utilizado en lápices labiales y rubor. La mayoría de estos subproductos tienen un alto valor agregado en sus diversas presentaciones comerciales.

Nopal cardón. El nopal *O. streptacantha* tiene la misma utilidad que *O. ficus-indica*, pero además con el fruto se elaboran: queso de tuna, melcocha y colonche. El primero se ha perfeccionado, sobre todo en cuanto a la presentación de sus productos comerciales, los otros se siguen vendiendo a granel en el mercado Juárez y Feria de San Luis Potosí. Además la tuna cardona tiene amplia comercialización en mercados regionales y los nopalitos preparados en diversas formas que ya son enlatados o envasados. Se han empezado a ensayar nuevos usos en la agroindustria, como mermeladas, jaleas y trocitos o trozos de nopal cristalizados con azúcar. El arraigo en la cocina y cultura mexicana, y todos los nuevos usos y potencialidades de los nopales los han convertido en excelentes alternativas para las zonas áridas, no sólo de México sino de varios países en donde ya se cultivan.

Nopal duraznillo. En lo que se refiere a este nopal *O. leucotricha*, la situación en cuanto al aprovechamiento y manejo ha variado poco; posiblemente la intensidad de recolecta y por tanto el volumen aprovechado han disminuido como consecuencia del desmonte. De todas maneras debería considerarse su potencial productivo para la ganadería en donde aún existe y establecer plantaciones.

Pitayo. De los pitayos es relevante que a diferencia de hace dos décadas en que existían pocas plantaciones, actualmente se han incrementado en casi todos los municipios de Puebla

y Oaxaca en donde se cosechan cantidades importantes de pitayas. Además, la elaboración de diversos productos como mermeladas, vinos, nieves, etc. le han dado valor agregado a la fruta, permitiendo aprovechar excedentes de la producción.

Mezquite. En relación al mezquite encontramos que la importancia no es solamente el aprovechamiento registrado a fines de los 60 (Gómez *et al.*, 1970), que se refería al uso de la madera de mezquite para carbón, briquetas, leña, postes, tables, hormas para zapatos, curvos para barcos camaroneros, parquet para pisos y muebles, recolección y uso de la vaina para forraje. Actualmente ha evolucionado y es posible la producción comercial de una mayor cantidad y calidad de productos y subproductos con mayor valor agregado como harina de mezquite con numerosas aplicaciones para la industria alimentaria, diversos productos de la apicultura, goma galactomanana útil como aditivo en alimentos, etc. Aunque se siguen aprovechando los mezquites nativos, por cierto muy diezmados, según las cifras que se indican en el Cuadro 3.28 (p. 168), demuestran que en 1977 había una superficie de 6,703,500 ha, que para el 2009 se redujeron a 4,042,900 ha, lo cual representó una pérdida de casi 40 % de estos valiosos árboles y arbustos. Esta disminución se debe tanto al aprovechamiento desmedido del recurso como a los desmontes realizados para actividades agrícolas y pecuarias. Afortunadamente, se cuenta ya con experiencias en el manejo de mezquites nativos y plantaciones (Solorio, 2004, Carrillo, 2005, Martínez *et al.*, 2009). Además, en los últimos años la CONAFOR ha estado apoyando con presupuesto y asesoría, el establecimiento de viveros y plantaciones comerciales de varias especies de mezquites en algunos estados del centro y norte de México, lo cual asegura la sustentabilidad de este recurso.

Recientemente la CONAFOR apoyo la organización de un grupo de mujeres en un ejido de Coahuila para la elaboración de artesanías. En tanto que Gómez *et al.* (1970) consideraban el valor de la vaina de mezquite para la alimentación de diversos tipos de ganado, la CONAFOR (2009) menciona el apoyo que dió a un grupo de mujeres en un ejido del distrito de riego de Mexicali B.C. para elaborar galletas y pan incluyendo harina de mezquite, logrando una micro-empresa llamada Mezquipan que empieza a tener éxito económico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados en este estudio y con los resultados obtenidos de esta investigación podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Las especies estudiadas son las de mayor importancia ecológica, económica y social en las principales zonas áridas y semiáridas de México, por la cantidad o volumen de aprovechamiento de materias primas y productos que se registra o se ha estimado que se recolecta o produce anualmente.
- El aprovechamiento, manejo e industrialización de estas especies, representa una importante fuente de trabajo y empleo para miles de campesinos que viven bajo las condiciones drásticas que les impone el medio ambiente árido, escasez de agua y temperaturas extremas.
- La valoración ecológica y etnobotánica de estas plantas (y otras no incluidas en el estudio), varía según la especie de que se trate pero siempre tiene gran importancia, porque contribuyen a detener o controlar la erosión, mantienen la fertilidad del suelo, proporcionan protección y sustento a la fauna silvestre y diversos satisfactores, alimentos y trabajo al hombre que vive en el semidesierto. Además contribuyen al uso eficiente del agua y captura del CO₂, teniendo un efecto de mitigación ante el calentamiento global.
- Más de cinco décadas de investigación en diferentes instituciones y la transferencia de tecnología (aunque escasa), se han sumado a las experiencias del campesino en el aprovechamiento y manejo de diversos agaves, nopales, pitayos, etc. que son ahora cultivos de amplio futuro económico y más recientemente mezquites, candelilla y lechuguilla que se están estableciendo en plantaciones comerciales.
- La valoración tecnológica y económica de las especies estudiadas permitió el reconocimiento de varias cadenas productivas y de valor, cuyos eslabones principales son los recolectores y productores del campo, además de los intermediarios e industriales que colocan las materias primas en el mercado.
- En el mundo moderno caracterizado por una sociedad de consumo y satisfactores de alto nivel tecnológico, las materias primas y productos elaborados provenientes de estas y muchas otras especies, juegan un papel de gran importancia por los beneficios que ofrecen a la sociedad.

Como recomendaciones tenemos:

- Realizar una valoración ecológica, etnobotánica, económica, tecnológica y social detallada, de otras plantas nativas de importancia económica no incluidas en el presente estudio, que permita la solución de los problemas de sobrepastoreo, erosión y pérdida de fertilidad del suelo, etc. causantes de la desertificación y la pobreza en gran parte de las regiones áridas y semiáridas de México.
- Impulsar una mayor transferencia de tecnología, para fomentar el aprovechamiento más eficiente de la vegetación natural, el desarrollo de nuevos cultivos agrícolas en base a especies adaptadas genéticamente, resistentes a temperaturas extremas, que tienen un uso más eficiente del agua, y que requieren de menos insumos, energía y capital.
- Realizar investigaciones a corto plazo, para evaluar el potencial de fijación de CO₂ por las comunidades bióticas en las regiones áridas más representativas del país, para asignar un pago por servicios ambientales (bonos de Carbono, captación de humedad) más amplio a nivel nacional en zonas áridas y semiáridas. Esta es una alternativa de valoración económica, que permitiría detener la emigración, promover el cuidado de los ecosistemas por el uso y manejo que demuestre su funcionamiento para mitigar el cambio climático y detener los actuales procesos de desertificación.

Finalmente, el presente estudio analiza la situación actual del conocimiento respecto al aprovechamiento, manejo, industrialización y valoración de candelilla, lechuguilla, maguey pulquero, maguey mezcalero, maguey bacanora, nopales tunero, de verdura y forrajero, pitayos y mezquites. Reune la información relevante de la normatividad que regula el aprovechamiento, elaboración y comercialización de productos de varias de las especies tratadas. Aporta métodos, técnicas de cultivo y manejo de las especies. Examina las directrices de desarrollo y perspectivas actuales y futuras de cada especie. Orienta acciones encaminadas a restaurar las comunidades bióticas, fauna, suelo y agua, revertir la desertificación, mitigar el calentamiento global, secuestrar CO₂ y captar humedad.

Además, mediante el aprovechamiento racional, manejo integral, industrialización con tecnología moderna y valoración múltiple de los productos y beneficios que ofrecen estas especies, se logrará un mayor ingreso económico y bienestar social para los campesinos, ganaderos y demás productores, participantes en las cadenas productivas, que luchan por sobrevivir en las difíciles condiciones del medio ambiente árido.

Para lograr estos aportes, se cuenta con la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas ubicada en Bermejillo, Dgo. (dependiente de la Universidad Autónoma Chapingo), y un Centro de Intercambio de Experiencias y Saberes ligado a dicha Unidad, así como de varios investigadores, técnicos y personal de apoyo trabajando temas en relación con las especies estudiadas. Sumando esfuerzos a la participación de diversas instituciones académicas nacional e internacionales, dependencias gubernamentales, ONGs, etc. que participan con diversos proyectos y programas en las distintas zonas áridas y semiáridas del país aquí estudiadas.

LITERATURA CITADA

- AgroNet, 2011. El nopal en México. El Portal Agrícola Mexicano. <http://www.agronet.com.mx>
- Antonio, B.J. y J. Ramírez J. 2008. Agricultura y pluriactividad de los pequeños productores de agave en la región del mezcal, Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México* 34 (4): 443-451.
- Bahre, C.J. and Bradbury, D.E. 1980. Manufacture of mescal in Sonora, Mexico. *Economic Botany*, 34: 391-400.
- Barrientos, P.F. y O. Brauer H. 1964. Multiplicación vegetativa del nopal a partir de fracciones mínimas de una planta. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 4 p.
- Barrientos, P.F. 1965a. El nopal y su utilización en México. *Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural* 26: 87-94.
- Barrientos, P.F. 1965b. Mejoramiento de especies del género *Opuntia*. Memorias del Primer Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana Fitogenética, A. C. México D.F., México. pp. 93-99.
- Barrientos, P.F. 1972. Rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica*) var. *Copena* F1 a diversas densidades. Rama de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 102 p.
- Barrios, A. 1980. Nuestro Tequila más allá de las fronteras. *Rev. CONCAMIN*, abril 1980. México, D.F.
- Benson, L., R.A. Darrow, 1954. *The Trees and Shrubs of the Southwestern Desert*. The University of Arizona Press, Tucson, Az. & University of New Mexico. Segunda edición pp. 171-178.
- Blanco, M., G. 1966. El nopal como forraje para el ganado en las zonas áridas y aprovechamiento de la tuna. *El Campo* 42(887): 4-16. México, D.F.
- Borja, L.G. 1962. Algunas observaciones sobre la ecología de 5 especies importantes en las zonas áridas de Chihuahua y zonas adyacentes. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. pp. 21-25.
- Borja, L.G. 1963. El Mezquite. Seminarios de Otoño. Colegio de Posgraduados, ENA, Chapingo, Mex. pp. 234-259.
- Bosch, G. C. 1982. La técnica de investigación documental. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales UNAM. 69 p.
- Bravo, H. H. 1978. *Las Cactáceas de México*. 2da. Edición. UNAM. México, D.F. pp. 312, 313, 320, 328.

- Bravo, H.H. 1991. Las Cactáceas de México. Vol. III. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 511-522.
- BRMRS, 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. Informe sobre recursos mundiales de suelos. 103. FAO, Roma.
- Burkart, A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Ediciones Acme Agency, S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 569 p.
- Burkart, A. y B. B. Simpson. 1977. APPENDIX: The Genus *Prosopis* and Annotated Key to the Species of the World, In. Simpson, B.B. (Ed.). Mesquite. Its Biology in two Desert Scrub Ecosystems. Dowden, Hutchinson Ross, Inc. Stroudsbrough Pennsylvania. pp. 201-215.
- Campos, L. E., J. García, N. Neaves, K. E. Foster, B.K. Mortensen and J. Taylor. 1983. Technology Assesment in Arid Land Renewable Resource Development. Guayule in Mexico. In. E. Campos L. and R. Anderson (Ed.) Natural Resources and Development in Arid Regions. Westview Press, Boulder, Colorado. pp. 317-320.
- Carrillo, F.R. 2005. Efecto de la poda sobre el potencial productivo de mezquites nativos (*Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*) en la Comarca Lagunera. Tesis M.C. Unidad Regional Universitaria Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Dgo. pp. 57-94.
- Cervantes, R. M.C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas de México. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. pp. 1-21; 125-137.
- Chapa, R.M.T. 1959. Estudio Morfológico de la Candelilla *Euphorbia* sp. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro, Buenavista, Coah. pp. 15-23.
- CONABIO, 2009. Candelilla, aprovechamiento actual. <http://www.conabio.gob.mx>
- CONAFOR, 2009 a. Comisión Nacional Forestal. Gerencia de Plantaciones Forestales. México.
- CONAFOR, 2009 b. Foro de mezquite. Innovación, tecnología y conservación. Hermosillo, Son., julio 23 - 25, 2009. <http://www.conafor.gob.mx>, mezquite plantaciones.
- Corona, C. F., 1998. Análisis químico proximal de vaina de mezquite *Prosopis glandulosa* en la Comarca Lagunera, Tesis Ing. Agrónomo. Unidad Regional Universitaria Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Dgo. pp. 34-45.
- De Alba, M. J. 1983. Alimentación del ganado en América Latina. La Prensa Médica Mexicana. Editorial Fournier, S.A. México, D.F. pp. 259, 280.
- De la Cruz, C. J.A. 1958. Estudio morfológico de la candelilla. Tesis Profesional. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. pp. 5-17.
- De la Cruz, C. J.A. 2009. Ecocidio mexicano. Ignorancia y Perversidad. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 334 p.
- Domínguez, X.A. 1978. Simposium para el aprovechamiento de los recursos naturales de zonas áridas. CONACYT, Baja California Sur.
- Espejel, C. M.I. 1980. Mezquite *Prosopis laevigata* (Willd.) Johnston (*Leguminosae*). Distribución en el Estado de Puebla, usos y producción de goma. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 84 p.
- Felger, R.S. 1979. Ancient crops for the twenty-first century. In. G.A. Ritchie (Ed.). New Agricul-

- tural Crops. American Association for the Advancement of Science. Westview Press, Boulder, Co. pp. 1-20.
- Felker, P. 1979. Mesquite An All-purpose Leguminous Arid Land Tree. In. G. Ritchie (Ed.). New Agricultural Crops. AAAS, Westview Press, Boulder, Co. pp. 87-124.
- Felker, P. (Ed.) 1987. Tree Plantings in semi-arid regions. Special issue Forest Ecology and Management. Vol. 16. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. 444 p.
- Felker, P., J.C. Guevara. 2003. Potential of commercial hardwood forestry plantations in arid lands, an economic analyses of *Prosopis* lumber production in Argentina and the United States. Forest Ecology and Management. 186: 1-3.
- Flores, V. C. 1977. El nopal como forraje. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. pp. 31-43, 88.
- García, A. E. 1983. The Climates of Mexico with Emphasis on Arid Zones. In. E. Campos L. and R. Anderson (Ed.) Natural Resources and Development in Arid Regions. Westview Press, Inc. Boulder Colorado. pp. 27-33.
- García, A. E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. pp. 13-14; 41-42, 47.
- García, A. M. 1976. Enfermedades de las plantas en la República Mexicana. Ed. Limusa. México. pp. 40-41.
- García, V. A. s.a. Cultive nopal de verdura. Rama de Genética, Colegio de Postgraduados. ENA. Talleres Gráficos. Dir. Ext. Agr. Chapingo, Méx. 18 p.
- García, M. A. 1998. Con sabor a maguey. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. p. 114.
- García, S. A. 1968. El sotol. Ingenieria Agrícola en México, 1(3): 29-32.
- Garza, G. N. y L.G. Narváez. 1963. el mezquite y el guajillo en la alimentación del ganado holandés en crecimiento. Bol. Técnico No 6, Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Saltillo, Coah. pp. 5-12.
- Gentry, H. S. 1957. Los Pastizales de Durango. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. México, D.F. 361 p.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. University of Arizona Press. Tucson, Az. pp. 154, 559, 582, 605.
- Gómez, F., J. Signoret P. y M.C. Abu'n M. 1970. Mezquites y Huizaches. Algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. IMRNR. México, D.F. pp. 1-69.
- González, C.I. 2006. Desarrollo y aplicación de procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de pitaya *Stenocereus* spp. de la Región Mixteca. Tesis Ingeniero en Alimentos. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León. pp. 23-25.
- González, G. M.A. 1974. Perspectivas de industrialización de la tuna. Ponencia. I.M.C.E. Saltillo, Coah. pp. 27-32.
- Grajeda, G.J. 1978. Producción intensiva de nopal para verdura en invierno. Rama de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 10 p.

- Granados, S.D. 1998. Los Agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. pp. 78-81; 158-160.
- Grenot, C.J. 1983. Desierto Chihuahuense. Fauna del Bolsón de Mapimi. Departamento de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Chapingo, Méx. 64 p.
- Gutiérrez, C.M. de L., E. Acedo F., A. Valenzuela Q. 2007. La naciente industria del bacanora en Sonora. Alfa Editores Técnicos. pp. 12-15.
- Hernández, F. 1959. Historia Natural de Nueva España. Vol. II, UNAM, México.
- Hernández, R.L. 1978. Distribución del sistema radical del nopal (*Opuntia amyclaea* T.). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, SARH. Chapingo, México. 115 p.
- Hernández, X.E. 1970. Apuntes sobre la exploración etnobotánica y su metodología. Colegio de Posgraduados. Escuela Nacional de Agricultura, S.A.G. Chapingo, México. pp. 7-34.
- Hernández, X.E. 1997. Nueve mil años de agricultura en México. Video. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- Hetman, F. 1983. Social Assesment of Technology. In. E. Campos L. and R. J. Anderson (Ed.). Natural Resources and Development in Arid Regions. Westview Press, Boulder, Colorado. pp. 293-308.
- Hodge, W.H. y H.H. Sineath. 1956. The Mexican Candelilla Plant and Its Wax. Econ. Bot. 10: 34-35.
- INIFAP–SEMARNAT, 2005. Manual que establece los Criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Árido y Semiárido. <http://www.semarnat.gob.mx>
- Inventario Nacional Forestal. 1977. Secretar´a de Agricultura. México.
- Johnson, O. y D. More. 2006. Árboles: Gu´a de Campo. Ed. Omega. 480 p.
- Johnston, M.C. 1962. The North American mesquites *Prosopis sect. Algarobia* (Leguminosae) Brittonia 14: 72-90.
- Linstone, H.A. 1983. The Management of Technology. Old and New Perspectives. In. E. Campos L. and R. J. Anderson (Ed.). Natural Resources and Development in Arid Regions. Westview Press Inc., Boulder, Colorado. pp. 265-268.
- López, G. J.J. 1973. In uencia de la poda y el ácido indol-3-but´rico en la oración y fructi cación del mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *torreyana*). Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. México. pp. 14-20.
- López, G. J.J. 1977. Descripción y transformación del ecosistema *Opuntia streptacantha* Lemaire. Tesis Maestro en Ciencias Esp. Ciencia Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 148 p.
- López, G. J.J. y J.G. Medina T. 2009. Nopal forrajero, agroecología y manejo sustentable. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah. pp. 23-32.
- Lozano, G.M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal. Tesis Profesional. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. pp. 16-27.
- Maldonado, A.L.J. 2000. Manejo de la cubierta vegetal en Zonas Áridas. <http://www.fao.org>

- Mance, A.E. 2006. Cadenas productivas solidarias. Revista Vinculando; <http://vinculando.org>
- Marroquín, S, J., G. Borja L., R, Velázquez , C. y J. A. de la Cruz C. 1981. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. INIF - SARH, México. pp. 152-156.
- Martínez, G. C. 1977. Evaluación cualitativa y utilización de residuos de candelilla (*Euphorbia cerifera*) en la alimentación de rumiantes. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. pp. 22-31.
- Martínez, M. 1959. Plantas útiles de la flora mexicana. Ediciones Botas. México, D.F. 622 p.
- Martínez, M.J., L.J. Maldonado A., F.J. Silva C., J. Cantú V., M. Manzano C. 2009. Antecedentes de Investigación y Transferencia de Tecnología del Mezquite en Nuevo León. INIFAP, General Terán, N.L. pp. 1-15.
- Mathieu Faure, J.A. 1973. Efectos en la motilidad del rumen de ovinos alimentados con vainas de mezquite (*Prosopis* spp.). Tesis Profesional Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. pp. 19-25.
- Mathus, M. José G. 1972. Aprovechamiento de la cera de candelilla en México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 116 p.
- Matuda, E. e I. Piña L. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial y Gobierno del Estado de México. México. pp. 20-25.
- Medellín, L.F. 1983. Mexico's Semi-Arid Zones. In: E. Campos L. and R.J. Anderson (Ed.). Natural Resources and Development in Arid Regions. Westview Press, Inc. pp. 15-23.
- Medina, V.H. 1941. Contribución al estudio del algarrobo chileno (*Prosopis*) Tesis. Santiago de Chile. Trabajo reeditado. Rev. Arg. de Agron. 8(1): 19-38.
- Medina, V.M. 2010. Legislación ambiental. En <http://ecoambientevi.blogspot/2010/05>
- Meyer. 1984. Processing and utilization of mesquite pods as raw material for food industry. Ph.D. Dissertation in Technical Sciences. University of Zurich, Sweden. pp. 66-93.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín Sociedad Botánica de México. 28: 29-179.
- Morrison, B.F. 1988. Alimentos y alimentación del ganado. Tomo I. Trad. José Luis de la Loma. Ed. UTEHA México, D.F. pp. 43-46.
- Mercado, B.A y D. Granados S. 1999. La pitaya. biología, ecología, fisiología, sistemática y etnobotánica. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 194 p.
- Nabhan, G.P. y R.S. Felger. 1985. Wild desert relatives of crops, their direct uses as food, In: Wickens, D. Ed. Plants for arid lands. Royal Botanic Gardens Kew, U.K. pp. 19-33.
- National Academy of Sciences, 1979. *Prosopis* species. In. Tropical Legumes. Resources for the future. N.A.S. Washington, D.C. pp. 153-163.
- Nobel, P.S. 1994. Adaptations of Agaves to arid conditions. Primer Simposio Internacional sobre Agaváceas. Jardín Botánico del Inst. de Biología, UNAM y grupo académico de las Agaváceas. México, D.F.
- Nobel, P.S. 2010. Desert Wisdom Agaves and Cacti CO₂, Climate Change. iUniverse, Inc. New York Bloomington. pp. 11, 43-45.

- NOM-006-SCFI-2005. Normas Oficiales. <http://www.ordenjuridico.gob.mx>
- Núñez, N.L. 2001. La producción de mezcal bacanora una oportunidad económica para Sonora. Ed. Imagen Digital del Noroeste. Hermosillo, Sonora. pp. 63-110.
- Núñez, N.L. y V. Salazar S. 2009. La producción comercial de bacanora como estrategia de desarrollo regional en la sierra sonorense. CIAD, A. C. Estudios Sociales 17, n. esp. (<http://www.scielo.org.mx>).
- Ortega, O.C. 1976. Plantaciones de nopal frutero en el Estado de San Luis Potosí. Problemas. Chapingo, México.
- Paredes L.O. 1975. Utilización del jugo de tuna para la producción de proteína microbiana en cultivos intermitente y continuo. Tesis Maestro en Ciencias. Esc. Nal. de Ciencias Biológicas, IPN. México. pp. 25-32.
- Piña, L.J. 1970. Región productora de tuna en el estado de Zacatecas. Cactáceas y Suculentas. Revista Sociedad Mexicana de Cactología. 15(3): 64-70. México.
- Piña, L.I. 1977. La grana cochinilla del nopal. Monografías LANFI. No. 1. Lab. Nacionales de Fomento Industrial. México. 55 p.
- Peña G. A.L. y A. Torres de la H. 2009. Una experiencia empresarial. Primer Congreso de Egresados COLEF, Tijuana, B.C. 17 p.
- Ramos, R.E.G., F. Gómez, A. Salazar y J. Marrufo. 2000. Desarrollo de Nuevos Productos de Mezquite *Prosopis glandulosa* en la Comarca Lagunera. Informes de proyectos de investigación. No publicados. CINVESTAV-URUZA-CONACYT. pp. 97-99.
- Reyes A. J. A., J.R. Aguirre R. y C.B. Peña V. 2001. Biología y aprovechamiento de *Agave lechuguilla* Torr. En. Memorias XV Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México, A.C. Querétaro, Qro.
- Reyes, R.C. 1981. La lechuguilla (*Agave lechuguilla*) como un importante factor en la formación del suelo de las zonas áridas. En Memoria Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. Pub. Esp. 31 INIF-SARH. Monterrey, N.L.
- Reyna, T.T. y A. Rebollo, P. 1985. Efectos de la sequía intraestival en la ganadería mexicana. X Congreso Nacional de Geografía. Ed. Soc. Mex. de Geografía y Estadística. México. pp. 102-112.
- Reyna, T.T. 2008. Climas y formación de suelos en México. Curso - Diplomado Internacional de Edafología Nicolás Aguilera. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Querétaro; Centro de Ciencias Medio Ambientales CSIC, España. pp. 1-17.
- Rossouw, C.D. 1961. The prickly pear nature s fodder bank and silo. Farming in South Africa. 37(5): 23-26.
- Rzedowski, J. 1961. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México. pp. 127-163.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetacion de Mexico. Edit. Limusa, Mexico, D.F. 432 p.
- Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del Complejo *Prosopis* en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana. 3: 7-19. México.

- SAGARPA, 2009. Síntesis del Sector Agropecuario del Estado de Hidalgo. Dirección General de Estudios Agropecuarios y Pesqueros. <http://www.sagarpa.gob.mx>.
- SEMARNAT, 2009. Anuarios de la Producción Forestal. México. <http://www.semarnat.gob.mx>
- Schmidt, R.H. 1983. Climate and the Chihuahuan Desert. In: E. Campos. L. and R.J. Anderson. Natural Resources and Development in Arid Regions. Westview Press, Boulder, Colorado. pp. 35-42.
- Simonin, R. 2010. El desolador futuro de la industria tequilera nacional. <http://rodrigosimonin.wordpress.com/2010/03/08/>
- Soil Taxonomy. 1999. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2a Ed. Soil Survey Staff Agriculture Handbook No 436, USDA, NRCS, USA.
- Solorio, R.I. 2000. Efecto de los brúquidos *Algarobius prosopidis* en la calidad de la vaina de mezquite *Prosopis glandulosa* en Tlahualilo, Dgo. Tesis Ing. Agrónomo. Unidad Regional Universitaria Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Dgo. 54 p.
- Solorio, R.I. 2004. Cultivo de frijol tepari *Phaseolus acutifolius* var. *latifolius* bajo un sistema agroforestal de mezquite *Prosopis glandulosa* en Tlahualilo, Dgo. Tesis M.C. Unidad Regional Universitaria Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Bermejillo, Dgo. pp. 61-80.
- Valenzuela, Z.A.G. y R. Foroughbakhch P. 2004. Diagnóstico de sustentabilidad del manejo agrícola del Agave Tequilero (*Agave tequilana*) en Jalisco. En: Tópicos Selectos de Botánica. Universidad de Nuevo León. Monterrey, N.L. México. pp. 108-115.
- Vázquez, V.P. 1976. Proyecto de instalación de industrializadora del mezcal (*Agave tequilana*). Tesis Ing. Agr. Universidad de Guadalajara, Jal. pp. 24-33.
- Velázquez, C.R. 1965. Aspectos ecológicos, distribución y abundancia de *O. streptacantha* y *O. leucotricha* en la región árida de Zacatecas y San Luis Potosí. Tesis Profesional. Escuela Nal. de Agricultura. Chapingo, México. pp. 18-25.
- Viana, S.P. 1965. El uso del nopal sin espinas en la alimentación del ganado. Anales del 9º Congreso Internacional de Pasturas. 2: 1461. Sao Paulo, Brasil.
- Villarreal, A. 1958. El nopal como forraje para el ganado. Primer Simposio de Investigaciones Agrícolas en México. ENA, Chapingo, Mex. pp. 211-220.
- Villarreal, F., P. Rojas, V. Arellano y J. Moreno. 1963. Estudio químico sobre seis especies de nopales (*Opuntia* spp.). Ciencia Méx. 22(3): 59-65. México.
- Villarreal, F., B.E. De Alba y G. Romero. 1964. Estudio químico sobre jugos de tuna enlatados. Ciencia Mex. 23: 75-82. México, DF.
- WAFLA. 2006. Gestión integrada de recursos hídricos y agroforestería en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina. <http://www.wafla.com>
- Woodward, T.E., W.F. Turner and D. Griffiths. 1915. Prickly pears as a feed of dairy cows. Journal of Agric. Res. USDA 4: 405-450.
- Zamora L.,R. 1980. Determinación de la producción de fibra a partir de las poblaciones naturales de *Agave lecheguilla* Torrey en la parte norte de Zacatecas. Tesis Profesional. Ing. Agr. Forestal. UAAAN, Saltillo, Coahuila.