

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



EXPLOTACION DEL NOPAL EN LA ZONA ARIDA
CENTRAL DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A N

RICARDO JIMENEZ CALDERON

JOSE YERENAS RUVALCABA

SERGIO YERENAS RUVALCABA

MA. DEL PILAR GARCIA FIGUEROA

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. Diciembre 1994

SECCION ESCOLARIDAD

EXPEDIENTE _____

NUMERO 0189/93

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA

16 de junio de 1993

C. PROFESORES:

ING. HUMBERTO MARTINEZ HERREJON, DIRECTOR

ING. EDUARDO GOMEZ VILLARRUEL, ASESOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

EXPLOTACION DEL NOPAL EN LA ZONA ARIDA CENTRAL DE MEXICO

presentado por los PASANTES: RICARDO JIMENEZ CALDERON, JOSE YERENASRUVALCABA, SERGIO YERENAS RUVALCABA Y MA. DEL PILAR GARCIA FIGUEROA

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen de la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

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



M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION COM. DE TIT.

EXPEDIENTE _____

NUMERO 0189/93

16 de junio de 1993

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (s) RICARDO JIMENEZ
CALDERON, JOSE YERENAS RUVALCABA, SERGIO YERENAS RUVALCABA Y MA. DEL -
PILAR GARCIA FIGUEROA

titulada:

EXPLOTACION DEL NOPAL EN LA ZONA ARIDA CENTRAL DE MEXICO

damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. HUBERTO MARTINEZ HERREJON

ASESOR

ASESOR

ING. EDUARDO GOMEZ VILLARRUEL

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

LAS AGUJAS,

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

A LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

A NUESTROS MAESTROS

¡Muchas Gracias!

DEDICATORIAS

A NUESTROS QUERIDOS PADRES:

A los que admiramos y respetamos.

De los que siempre recibimos apoyo, comprensión
y ejemplo.

A los que les debemos todo lo que somos.

¡Que Dios los Bendiga!

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	i
I INTRODUCCION.....	1
2 REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Taxonomía de las Cactáceas.....	3
2.2 Descripción Morfológica.....	6
2.2.1 Raíz.....	6
2.2.2 Tallo.....	7
2.2.3 Organos Sexuales.....	10
2.2.4 Fruto.....	11
2.3 Aspectos Fisiográficos.....	13
2.3.1 Climatología y Temperatura.....	13
2.3.2 Precipitación.....	15
2.3.3 Clasificación de los Suelos.....	17
2.4 Aspectos Fisiológicos (Micro y Macroelementos).....	20
2.4.1 Humedad.....	20
2.4.2 Sales Minerales.....	20
2.4.3 Carbohidratos.....	21
2.4.4 Néctares.....	23
2.4.5 Almidón.....	23
2.4.6 Celulosa.....	23
2.4.7 Gomas.....	24
2.4.8 Mucilagos.....	25
2.4.9 Sustancias pécticas.....	25
2.4.10 Acidos Orgánicos.....	26
2.4.11 Lípidos.....	27
2.4.12 Ceras.....	28
2.4.13 Pigmentos.....	29
2.4.14 Compuestos Nitrogenados.....	30
2.4.15 Vitaminas.....	32
2.5 Propiedades Bióticas y Antibióticas.....	33
2.6 Aplicación de la Química del Nopal a la Sistemática.....	34
2.7 Aspectos Agronómicos.....	34
2.7.1 Plagas y Enfermedades.....	34
2.7.1.1 Plagas.....	34
2.7.1.2 Enfermedades.....	40
2.7.2 Fertilización.....	48
2.7.3 Sistemas de Reproducción.....	50
2.7.4 Preparación del Terreno.....	53
2.7.5 Selección de las Pencas en el Campo.....	56
2.7.6 Preparación de la Penca.....	57
2.7.7 Tratamiento para Fracciones Mínimas de Penca.....	58
2.7.8 Transporte de las Pencas.....	59
2.7.9 Epoca de la Plantación.....	60
2.7.10 Enterramiento de las Pencas.....	61
2.7.11 Siembra de Plantas Obtenidas de fracciones Mínimas de Penca.....	63

	Pág.	
2.7.12	Viveros.....	63
2.7.13	Combate de Malezas.....	63
2.7.14	Riego.....	64
2.7.15	Replantación.....	64
2.7.16	Injerto.....	65
2.7.17	Podas.....	66
2.7.18	Cosecha.....	69
2.8	Aspectos Genéticos.....	70
2.8.1	Variedades y Características.....	70
2.8.2	Selección de Variedades.....	72
2.8.3	Para el Aprovechamiento del Fruto.....	72
2.8.4	Características de algunas Variedades de Nopal..	73
2.9	Sistemas de Mejoramiento.....	81
2.10	El Nopal Forrajero en Nuevo León.....	86
2.10.1	Especies de Nopal.....	87
2.10.2	Composición del Nopal.....	87
2.10.3	Reproducción del Nopal.....	88
2.10.4	Consideraciones sobre Cultivo.....	89
2.10.5	Inversión en el Terreno.....	90
2.10.6	Rendimiento del Nopal.....	91
2.10.7	Distancia de Siembra y Densidad.....	92
2.10.8	Preparación del Terreno.....	92
2.11	Importancia Socioeconómica.....	93
2.12	Cosecha, Selección y Empaque.....	96
2.13	Cultivo y Aprovechamiento de la Cochinilla del Nopal....	97
2.14	Cultivo y Aprovechamiento del Nopal como Forraje.....	99
2.15	Métodos para Suministrar el Nopal al Ganado.....	102
2.16	Valor Alimenticio del Nopal Forrajero.....	104
2.17	Cultivo y Aprovechamiento del Nopal para Verdura.....	107
2.18	Cultivo y Aprovechamiento del Nopal para Fruta.....	110
2.19	Industrialización.....	118
2.19.1	Industrialización del Fruto.....	119
2.20	Comercialización.....	125
2.21	Datos Estadísticos.....	126
2.22	Estados Productores.....	126
2.23	Países Productores.....	127
3	MATERIALES Y METODOS.....	129
3.1	Localización y Características de la Zona.....	129
3.1.1	Situación Geográfica.....	129
3.1.2	Orografía.....	129
3.1.3	Hidrografía.....	130
3.1.4	Geología y Suelos.....	131
3.1.5	Clima.....	132
3.1.6	Vegetación.....	132
3.1.7	Actividades Humanas.....	133
3.1.8	Aspecto Técnico-Económico.....	137
3.2	Materiales.....	138
3.2.1	Obtención del Jugo.....	138

	Pág.
3.2.2 Congelación y Enlatado.....	139
3.3 Métodos.....	139
3.3.1 Sólidos Totales.....	139
3.3.2 Sólidos Solubles.....	140
3.3.3 pH.....	140
3.3.4 Cenizas Totales, Hierro y Calcio.....	140
3.3.5 Acidez Total.....	141
3.3.6 Pectina Total.....	141
3.3.7 Vitamina C.....	141
3.3.8 Carotenoides.....	142
3.3.9 Determinación de Viscosidad.....	142
3.3.10 Pruebas de Preferencias de Sabor y Color.....	143
3.3.11 Otras Posibilidades del Nopal.....	144
3.3.11.1 Colorantes.....	144
3.3.11.2 Caucho Sintético.....	144
3.3.11.3 Alcohol.....	144
3.3.11.4 Anticorrosivos.....	145
3.3.11.5 Papel.....	145
3.3.11.6 Nopal Ornamental.....	145
4 RESULTADOS.....	147
5 CONCLUSIONES.....	152
6 LITERATURA CITADA.....	154

RESUMEN

El nopal, planta símbolo de México y fuente importante de alimento para los habitantes de las zonas áridas del país, así como forraje para el ganado en los meses de sequía. Se calcula que por lo menos medio millón de kilómetros cuadrados de nuestro país lo constituyen altas mesetas pobladas por nopales. Con excepción del maíz, se cree que no hay planta económicamente más importante para el pueblo mexicano; sin embargo, el Gobierno Federal no gasta un sólo centavo en el estudio del nopal y son pocas las comisiones nacionales que se preocupan por su estudio y mejoramiento, ya que la mayoría lo tienen como entretenimiento, siendo pocas las hectáreas de terreno dedicadas a la investigación oficial de este cultivo.

Es lamentable esta actitud, ya que el dinero invertido por el Gobierno Federal en la experimentación e investigación de este cultivo, con el tiempo redituaría beneficios incalculables que se derramarían sobre nuestra clase campesina.

El nopal (Opuntia spp.), es una planta de origen americano, adaptada a las diversas regiones geográficas de nuestro país. Por la trama que forman sus raíces,

se impide en parte la erosión del suelo y a su amparo es posible que se establezca otro tipo de vegetación que sirve como primer paso en la conquista de los desiertos.

Los habitantes de las zonas áridas consideran al nopal como una planta valiosa, ya que posee una enorme resistencia a las condiciones ecológicas que dominan estos climas. En muchas regiones ganaderas, sobre todo del norte de la República, es un recurso forrajero, ya que en análisis se ha encontrado que contiene aproximadamente 90% de agua; no solamente puede usarse en casos de emergencia sino también en la alimentación diaria normal, complementada con alimentos concentrados, el nopal cultivado para este fin resulta una fuente de riqueza inagotable, pues da origen a industrias derivadas cuando el nopal y la tuna se someten a diversos procesos.

Se debe considerar al nopal forrajero como un alimento bruto succulento, muy adecuado para producir buenas condiciones en los animales que sufren una prolongada alimentación con alimentos secos. El ganado que se alimenta casi exclusivamente del nopal, frecuentemente aparece como si estuviera purgado, pero ésto -aparentemente- no tiene consecuencias graves.

El nopal utilizado como verdura constituye una legumbre digna de figurar en la mesa más exigente, y tiene gran demanda en los meses de marzo a mayo, cuando aparecen

los renuevos con mayor profusión. La solución para su industrialización se ha encontrado en el desarrollo de un nopal "manso" o sin espinas.

Diferentes instituciones han tratado de industrializar la tuna, pero a falta de continuidad en los estudios no han llegado los trabajos. La Comisión Nacional de Fruticultura ha obtenido a nivel de laboratorio, mermelada, peptinas para alimentación del ganado y una miel tipo maple con contenido de ácido ascórbico. Estos productos se obtienen en bajos costos por lo económico de la materia prima. Siendo la tuna un fruto de fácil descomposición, la existencia de grandes plantíos de nopal frutero suponen necesariamente la creación de establecimientos dedicados a absorber los excedentes de fruta no vendida.

En los estados del Centro de la República existe una industrialización incipiente del fruto sólo utilizando la pulpa como materia prima, eliminando la corteza y la semilla.

La mayor cantidad de tuna se consume como fruta fresca. Se realizan exportaciones de tuna fresca a los mercados de Estados Unidos, Canadá, Francia y Japón.

Con respecto a la morfología externa y a la anatomía del nopal es muy poco lo que se conoce; así como insuficiente para sacar a este cultivo del ambiente empírico en que se han venido desarrollando en México.

La raíz del nopal consta de una principal de 10 a 20 cm. y secundarias, las cuales sirven a la planta para absorber las sustancias nutritivas; las radículas terminales aparecen después de la primera lluvia y al llegar la segunda o tercera forman un denso colchón de raíces que absorben completamente una lluvia de algunos milímetros en menos de 24 horas. Las raicillas alcanzan una longitud hasta 10 metros o más. Al finalizar la temporada de lluvias este sistema muere, para renacer al año siguiente.

Al desarrollar el talluelo del embrión, se forma la primera penca que crece hasta alcanzar el tamaño de una raqueta pequeña. Sobre esta penca en sus bordes nacen varios renuevos que crecen hasta adquirir la forma y tamaño de la penca madre. Las pencas, además de servir de vías para la savia ascendente y descendente, ejercen la función clorofiliana a través del parénquima-clorofiliano situado debajo de la epidermis y del tejido suberoso. Este parénquima se comunica al exterior por los estomas y se convierte gradualmente en acuífero y constituye la zona central y esponjosa de la penca. Este tejido esponjoso almacena enormes cantidades de agua, que permiten a la planta disponer de líquido con mucha parsimonia, de acuerdo con sus necesidades.

Las flores son solitarias, nacen en la base de las aréolas que funcionan indistintamente como yemas florales o vegetativas, es decir, que algunas veces producen flores

y otras ocasiones "nopalitos", carecen de color y son diurnas.

El fruto es una baya ovoide, cilíndrica o globosa, de diversos colores, umbilicada en el extremo superior o cicatriz floral. Pericarpio corrioso, con numerosos colchoncitos de ahuates. Semillas de color variable sin endospermo o con endospermo muy delgado. Se estima que cada fruto contiene de 2 a 3 gramos de semilla. La pulpa carnosa se origina por el engrosamiento de los folículos largos de la semilla. El embrión ocupa casi toda la totalidad del espacio.

El nopal prospera bien en climas desérticos con algunas lluvias en el verano y en zonas de altitud entre los 800 y 2500 metros, también se les puede encontrar al nivel del mar.

El nopal no muestra adaptabilidad en los suelos arcillosos compactos ni los húmedos; prefiere los arenocalcáreos, sueltos y profundos. La profundidad del suelo no debe exceder de la precipitación pluvial media multiplicada por seis. El pH debe ser alcalino. Crece bastante bien en terrenos pedregosos, sembrados desordenadamente. Las nopaleras sembradas en terrenos no consolidados van enriqueciéndolos paulatinamente con sus desechos y transformándolos en terrenos mejores, aparte de que los defienden contra la erosión hídrica y eólica. El nopal alcanza producciones

elevadas en suelos ricos en materias nutritivas, abonados y regados; pero aún en terrenos pobres produce muchas utilidades y no existe el peligro de un fracaso total por sequía o heladas, ya que en los años de temporal malo la nopalera rinde poco, pero rinde y el plantío subsiste en espera de mejores años. Además si hubiera que emplear la tierra en un cultivo más remunerado, el aclareo será fácil y el 90% en peso de la vegetación de la nopalera que se va a destruir, se transforma en dinero al vender las pencas como forraje.

El nopal presenta un complicado proceso metabólico que da origen a la formación de muy diversos compuestos orgánicos. El agua constituye el principal componente químico del nopal. La composición de las cenizas del nopal es muy variable, ya que dependen en parte de la composición química del suelo y de los complicados fenómenos de la disponibilidad de ellos para las plantas, relacionados con la acidez, salinidad, conductividad, grado de disociación, humedad y textura de los suelos. Los principales carbohidratos son los monosacáridos, los disacáridos y los polisacáridos. El contenido de celulosa en los nopales varía de acuerdo a la variedad. En el proceso metabólico se forman diversos ácidos oxálicos, que se encuentran en forma de sal de calcio; el oxalato de calcio, una vez formado, ya no se disuelve por lo que se va acumulando en los tallos hasta llegar a constituir el 85% de

las cenizas en ejemplares viejos. Los principales compuestos nitrogenados en el nopal son: aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos y alcaloides; las proteínas constituyen el material viviente de la célula y son el principal alimento de los animales y del hombre. El contenido de proteínas en el nopal es muy bajo, el de vitaminas también es bajo.

Las plagas que atacan al nopal son muchas y muy perjudiciales, entre ellas están: "serambicido", mayate coleóptero que deposita sus huevecillos en el tronco muy cerca de la tierra y al nacer las larvas se introducen en los nopales devorando la pulpa, y por la cercanía de las heridas a la tierra, hacen que la planta se pudra y muera; "escama del nopal", cóccido que chupa la savia de la planta y la debilita; "cochinilla del nopal", insecto blanco que contiene en su interior un líquido púrpura empleado como colorante, forma colonias que cubren la superficie de las plantas lesionándolas seriamente y permitiendo la infección de bacterias que en algunas ocasiones pudren toda la planta; "picudo cruzador", parásito que se acomoda bajo las aréolas, causando lesiones de las que fluye un líquido viscoso con el cual se alimenta el insecto (esta pérdida interrumpe el funcionamiento normal de la penca); "barrenador del nopal", las larvas labran galerías en las pencas cuyos tejidos se debilitan, ya que de ellos se alimenta. Es muy importante combatir las

ya que de su combate dependen los buenos resultados; para ésto se recomienda que antes de plantar las pencas sean sumergidas en una solución de Endrín por 200 lts. de agua.

Otro factor negativo del cultivo del nopal son las enfermedades entre las que se encuentran: "pudrición negra", es una enfermedad muy grave de las pencas que no puede pensarse en fomentar el cultivo del nopal en gran escala, si no se cuenta con medios erradicadores cuando se presenta; "mancha café", se manifiesta por una coloración que comienza alrededor de las aréolas. Poco a poco la pigmentación invade los tejidos adyacentes a la aréola, las manchas llegan a invadir la penca transformándola en café, interrumpiendo la función clorofiliana y por consiguiente la producción de frutos y renuevos; "carcoma de la penca", esta enfermedad empieza en la región apical de los renuevos que es la zona de crecimiento de la penca, las aréolas en esta región están muy próximas, se resecan hasta el grado de hacerse pulverulentas bajo una ligera presión; al detenerse el crecimiento en una zona definida, como las zonas adyacentes continúan creciendo al llegar a la madurez presenta la penca el aspecto dentado o roído que se conoce como carcoma.

El nopal responde muy bien a la aplicación de fertilizantes. Es aconsejable aplicar de 50 a 100 ton. de estiércol

por ha. y mezclarlo muy bien en los 25 cm. superiores del suelo; esta estercoladura puede complementarse con la aplicación de la fórmula 120-100-00 dividido en dos aplicaciones, a principios y finales de la temporada de lluvias.

Para reproducir el nopal, el procedimiento más eficaz es la reproducción agámica, también por fracciones de penca; la reproducción por semilla confronta el riesgo de cruza espontáneas por polinización, podrían causar regresiones genéticas y frutos diferentes a los que produjeron las semillas, independientemente de que la fructificación se inicia hasta el cuarto o quinto año. El nopal introduce sus raíces en el suelo no removido, por lo que se le puede plantar en laderas desnudas o en las oquedades naturales o en hoyos hechos con azadón, cubriendo la penca con la mayor cantidad de tierra posible hasta sus dos terceras partes, en suelos compactos simplemente se depositan en el suelo al principio de la temporada de lluvias.

Un terreno bien removido favorece el crecimiento y la fructificación del nopal, mientras que el sembrado en suelo compacto tiene un crecimiento lento y su fructificación es escasa.

Una vez localizado el terreno en donde se ha de establecer el huerto de nopal, es necesario eliminar malezas

y árboles existentes, para evitar la competencia de los nutrientes. El mes adecuado para la plantación es el mes de febrero, siempre y cuando el suelo tenga humedad suficiente; plantando en febrero las pencas emiten sus primeros renuevos en la siguiente primavera. Para clasificar las variedades y características, se está llevando a cabo un estudio sistemático que comprende los siguientes puntos: pencas, espinas, flor, fruto y semilla.

Dentro del gran número de variedades catalogadas, sólo unas cuantas muestran cualidades comerciales: planta grande, precoz, resistente a las enfermedades, resistente a la sequía extrema y a las heladas de crecimiento profuso pero no erecta, para facilitar la recolección de los frutos.

La selección de variedades es de gran importancia, debido a que algunas veces las variedades se comportan en forma diferente como cuando son plantadas en lugares con distintas características de suelo y clima; también al hacer la selección deberá tenerse en cuenta si se va a utilizar para producir forraje o para producir fruto, pues hay variedades de crecimiento rápido y con poca espina, casi desprovistos de ellas.

Entre las variedades para el aprovechamiento del fruto hay que tomar en cuenta si se piensa industrializar, buscándose para el caso variedades cuyos frutos contengan

suficientes azúcares, calcines y pectina con bajo contenido de agua; en caso de que los frutos se piensen aprovechar como fruto fresco, se procurarán variedades ricas en agua y en azúcares de buen sabor, como la tuna blanca de alfajayucan y que además tenga cáscara gruesa que permita el empaque y transporte con un mínimo daño.

La reproducción de las cactáceas tiene lugar, como en las demás fanerógamas, por multiplicación vegetativa o por medio de semillas.

La multiplicación asexual puede realizarse por medio de tallos y del pericarpelo de algunos frutos, debido a la actividad de las aréolas vegetativas. Este modo de multiplicación se lleva a cabo en poco tiempo.

En la multiplicación por semilla es frecuente la formación de híbridos y de posibles mutantes, en donde se aprecian algunos cambios morfológicos.

1. INTRODUCCION

El nopal es la planta símbolo de México. Es el pan del - pobre, de nuestros campesinos de las altas mesetas del Centro y Norte de la República, que subsisten en buena parte alimentándose de tunas desde junio a octubre y comiendo "nopalitos" durante todo el año.

Los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo y Durango, en este orden y otros, dependen en parte del nopal para su subsistencia y para la conservación de su raquílica ganadería, que desaparecería sin estas plantas.

De noviembre a junio mientras otros pastos se calcinan y los aguajes se agotan con la sequía, las nopaleras silvestres o cultivadas garantizan tanto el alimento como el agua para el ganado. Es nada menos que la diferencia entre la vida y la muerte para los agotados rebaños.

Se calcula que por lo menos medio millón de km² de nuestra República lo constituyen altas mesetas desérticas, donde casi solo el nopal puede medrar y es indudable que no hay planta económicamente más importante para el mexicano, hecha excepción del maíz, que nuestro humilde nopal.

El nopal (Opuntia spp.), es una planta de origen americano que se ha adaptado a las diversas regiones geográficas de nuestro país, sobre todo en la Altiplanicie. Se encuentra en las zonas desérticas y gracias a la trama que forman sus raíces se impide en parte la erosión del suelo, a su amparo es posible que se establezca otro tipo de vegetación que sirve como primer paso en la conquista del desierto.

Las zonas de las Opuntias corresponde a la altiplanicie mexicana donde predominan los cultivos de estepa con variaciones de temperatura bastante marcadas; en el norte de esta zona se han desarrollado ampliamente las cilindropuntias de las cuales sólo cuatro especies llegan hasta el centro del país.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Taxonomía de las Cactáceas

Esta familia comprende unos 100 géneros y 1000 especies o más, casi exclusivas del Continente Americano y particularmente abundantes en México y Centroamérica. Sólo un género, Rhipsalis, es nativo del antiguo Continente, comprendiendo plantas parásitas de los trópicos de Asia y Africa.

El género Opuntia comprende los subgéneros en México: Cylindropuntia y platyopuntia. A las cylindropuntia se les llama comunmente "chollas" o "siviri" a las especies de tallos más o menos gruesos; "tasajillos" o "tasajos", a las ramas delgadas; "alfilerillos", a las de espinas muy largas; "chirriocillos", a las de ramificación un tanto desordenada; "abrojos", a las especies rastreras y espinosas de los Estados del Centro y "cardenches" a las arborescentes.

Las platyopuntias con sus pencas aplanadas son los verdaderos nopales. De las 258 especies que comprende este grupo, unas 100 se encuentran representadas en México. Algunas especies son características de América del Sur y unas cuantas comunes en ambos hemisferios.

Muy parecidas son las especies del género Nopalea

llamadas "nopal necheztli", "zacam", "nopal chamacuero", "nopalillo de flor" y otros.

El nopal tunero pertenece a la familia de las cactáceas, al género Opuntia y subgénero platyopuntia. Este comprende 258 especies, de las cuales alrededor de 100 se encuentran en México, como ya se dijo.

Algunas de las especies más conocidas de nopal tunero son:

ESPECIE	COLOR DE FRUTO	NOMBRE COMUN
<u>Opuntia ficus indica</u> (L) Miller	Blanca Amarilla Roja Intermedias	Nopal de Castilla
<u>Opuntia tapona</u>	Roja	Nopal tapón
<u>Opuntia megacantha</u> Salm dyck	Roja	Nopal tapón
<u>Opuntia streptacantha</u>	Roja	Nopal cardón
<u>Opuntia alfacayuca</u>	Blanca	Nopal alfacayuca
<u>Opuntia leucorricha</u>	Blanca	Nopal duraznillo
<u>Opuntia robusta</u>	Amarillo tenue	Nopal camueso

CLASIFICACION

CLASE : Angiospermas
SUBCLASE : Dicotiledoneas
FAMILIA : Cactáceas
GENERO : Opuntia
SUBGENERO : Cylindropuntia
Platyopuntia
NOMBRE VULGAR : Nopal

CLASE : Angiospermas
SUBCLASE : Dicotiledoneas
FAMILIA : Cactáceas
GENERO : Ficus
ESPECIE : indica
NOMBRE VULGAR : Tuna

2.2 Descripción morfológica

Puede decirse que tanto la elección de buenos métodos de siembra y cultivo como la obtención de variedades mejoradas o con cualidades comerciales o industriales especiales y el combate de las plagas, deben basarse en un conocimiento lo más perfecto posible de la morfología externa y la anatomía de la planta. Infortunadamente es bien poco lo que al respecto se conoce, e insuficiente para sacar a este cultivo del ambiente empírico en que se ha venido desarrollando en México.

2.2.1 Raíz

Al nacer de una semilla la planta del nopal, se comporta como cualquier otra dicotiledónea, siendo la raíz la radícula del embrión desarrollada. Al crecer esta raíz principal, difícil de distinguir de las raíces secundarias, penetra verticalmente en el suelo unos 10 o 20 cm, no siendo sino uno de tantos sostenes de la planta. Esta pequeña raíz, aliada a las secundarias superficiales, basta para sostener a la planta, la cual por sus cantos redondeados y la poca superficie que opone al viento, permanece relativamente inmóvil, aún con vientos fuertes.

La raíz principal no le sirve a la planta para absorber

las sustancias nutritivas. La absorción de éstas se verifica por medio de las raíces secundarias que irradian en todas direcciones y que, sin profundizarse, se dividen y se subdividen mucho. Las radículas terminales aparecen después de la primera lluvia y al llegar la segunda o tercera, forman un denso colchón de raíces que absorben completamente una lluvia de algunos milímetros en menos de 24 horas. Cuando el nopal está plantado en hileras, las raicillas de una planta que se extiende hasta 10 metros o más longitudinalmente, se enciman con las de las plantas adyacentes cubriendo el espacio entre ambas. Al final de la temporada de lluvias todo este sistema de absorción degenera y muere para nacer al año siguiente.

En cuanto al comportamiento de estas raíces absorbentes en el nopal sujeto a riegos frecuentes, se desconoce actualmente.

Las raíces anatómicamente, presentan al igual que las pencas, parénquimas acuíferos bien diferenciados, con gran capacidad para almacenar agua.

2.2.2 Tallo

Al desarrollarse el talluelo del embrión, se forma la primera penca que crece hasta alcanzar el tamaño de una raqueta pequeña, sobre los bordes de esta penca nacen

uno o varios renuevos (nopalitos) que crecen hasta adquirir la forma y tamaño de la penca madre, formándose entre ambas una articulación o coyuntura. A su vez las pencas hijas emitirán renuevos en sus bordes, raras veces en el limbo, integrando poco a poco la planta. Las pencas inferiores más viejas van adquiriendo con el tiempo consistencia leñosa y al mismo tiempo se redondean, acabando por constituir, a los 10 o 15 años, un tronco casi cilíndrico, en el cual las articulaciones primitivas entre una y otra penca sólo subsisten como línea de sutura. Las pencas jóvenes son verdes, cambiando el color al gris con la edad.

Las pencas de nopal, además de servir de vías para la savia ascendentes y descendentes, ejercen la función clorofiliana a través del parénquima clorofiliano situado debajo de la epidermis y del tejido tuberoso. La estructura de este parénquima es análoga al parénquima muriforme de las hojas y está constituido por varias capas de células prismáticas de gran tamaño y paredes delgadas, con numerosos cloroplastos este parénquima se comunica al exterior por los estomas.

El parénquima clorofiliano se convierte gradualmente en acuíferos y constituye la zona central y esponjosa de la penca por donde circula savia ascendente. Este tejido esponjoso almacena enormes cantidades de agua que permiten a la planta disponer de este líquido con

mucha parsimonia, de acuerdo con sus necesidades. En las temporadas muy largas de sequía total, la turgencia de las pencas va disminuyendo a medida que se agota el agua. Una penca de 8 cm. de espesor puede reducirse a sólo 1 cm.

Como recursos de la planta para impedir la evaporación y para retener el agua, se observan los siguientes:

- 1.- Conversión de los polisacáridos en pentosanas que, al combinarse con las sustancias nitrogenadas forman compuestos con gran capacidad de inhibición.
- 2.- Producción de sustancias muy hidrocólicas, a partir de los ácidos orgánicos, muy abundantes en el nopal.
- 3.- La superficie foliar ha sido eliminada en la penca adulta. En la penca joven se presentan las hojas con carnosidades como de 1 cm. de longitud, cubriendo las aureolas. Estas hojitas caen al cabo de dos meses.
- 4.- Savia viscosa que cierra rápidamente cualquier herida en la penca.
- 5.- Aréolas hundidas.
- 6.- Estomas hundidos.

En las pencas puede notarse que las aréolas o cojines de espinas y por consiguiente de las flores y renuevos que nacen al pie de ello están colocadas, las de una

línea en puntos equidistantes de la línea paralela siguiente, o sea al tresbolillo. Las aréolas están más próximas sobre los bordes que en el resto de la penca. La mayoría de los renuevos crecen en el mismo plano que la planta madre. Sin embargo, hay algunos en plano perpendicular a la penca madre. Este hábito es valioso y digno de ser fijado genéticamente porque permite un aprovechamiento más uniforme de los rayos solares entre todas las pencas.

2.2.3 Organos Sexuales

Las flores son solitarias, sentadas. Nacen en la base de las aréolas que funcionan indistintamente como yemas florales o vegetativas, es decir, algunas veces producen flores y otras veces producen "nopalitos". Carecen de olor. Se abren en las primeras horas del día y se cierran al anochecer.

El cáliz presenta un tubo oval o globoso, soldado con el ovario. En su superficie se encuentra un número variable de colchoncitos de espinas o ahuates. Los sépalos son numerosos y basalmente unidos.

La diferencia entre el cáliz y la corola es poco definida y se pasa gradualmente de los sépalos a los pétalos.

El botón floral, en algunas especies, es rosado.

Al abrirse la flor, la parte interna de los sépalos y pétalos es amarilla y la parte externa se torna también rápidamente amarilla, quedando solamente un triángulo rosado en el borde superior de los sépalos, al nivel de la línea media. Al día siguiente desaparece este triángulo rosado, apareciendo la flor completamente amarilla. Las flores son hermafroditas, aún cuando Bravo y Hollis afirman que la variedad camuesa presenta numerosas flores que unas veces son estaminadas y otras veces son pistiladas. Los estambres de color amarillo, se insertan en la base de los pétalos y son un número mayor de un centenar; son ínferos, en relación con la posición de los estigmas. Anteras introrsas. Polen amarillo, arrugado. Ovario ínfero, adherente al cáliz, unilocular, terminado en un estilo alargado rematado por un número variable de ramas estigmáticas (6 a 12, generalmente).

En su interior se encuentran tantas placentas como ramas estigmáticas en el estilo. Placentación parietal con numerosos óvulos en cada placenta. Los óvulos están provistos de funículos muy largos que, al llegar el fruto a la madurez, se llenan de sustancias azucaradas constituyendo la pulpa.

2.2.4 Fruto

El fruto es una baya ovoide, cilíndrica o globosa,

coloreada diversamente, umbilicada en el extremo superior o cicatriz floral. Pericarpio correoso, con numerosos colchoncitos de ahuates distribuidos al tresbolillo. Semillas de color variable: blanco, grisáceo, café; aplastadas y reniformes sin endosperma o con endosperma muy alargado. Se estima que cada fruto (tuna) contiene de 2 a 3 gramos de semillas.

La pulpa carnosa se origina por el engrosamiento de los folículos largos de la semilla. Cuando la fruta madura, su color más común es amarillento, cristalino rosáceo, violáceo, rojo.

El embrión ocupa casi la totalidad del espacio; está encerrado y dispuesto en espiral.

En consideración al color de la tuna, se establecen 8 grupos:

DE FRUTO AMARILLO

Es la variedad más amplia cultivada y superior a las demás, por la cantidad y calidad de la tuna.

DE FRUTO ROJO

Produce menos tuna que la primera variedad, pero son de mejor calidad.

DE FRUTO BLANCO

Se cultiva menos que las dos variedades anteriores, porque la fruta no es tan sabrosa.

Tan importante es la fecundación cruzada en los nopales que en otras variedades de esta especie la pulpa blanca de la fruta se encuentra mezclada con la pulpa amarilla o sanguínea, o presenta la mezcla de esos colores.

2.3 Aspectos Fisiográficos

2.3.1 Climatología y Temperatura

La latitud para el nopal, no debe pasar de los 40°C. La temperatura media óptima para su cultivo oscila entre los 18 y 26°C o ligeramente mayor, a la sombra, siempre que se presente después de las primeras lluvias. Mínima extrema de 6°C, siempre que se presente antes de finalizar el mes de febrero. No deben ocurrir más de cinco días de heladas al año (-10°C) sobre todo si el plantío es joven.

El nopal prospera bien en climas desérticos con algunas lluvias en el verano, y en zonas de altitud entre 800 y 2500 metros, aún cuando por excepción se le encuentra al nivel del mar (Yucatán). Los vientos del norte lo dañan mucho y los vientos marinos perjudican la floración por su alta salinidad.

Aún cuando el nopal es muy resistente a condiciones desérticas cuando la sequía total se prolonga en exceso, sobre todo si se presentan heladas, el nopal puede morir.

Con respecto al clima se están haciendo investigaciones sobre los aspectos siguientes:

1.- Características del nopal de regiones altas (2200 metros o más); en las de altitud media (1400-2199); y en las de menos de 1400 metros.

2.- Efecto de las heladas en la producción del nopal forrajero y en la producción de frutos (tunas).

3.- Búsqueda de variedades resistentes a las heladas.

4.- Efectos de la cantidad de lluvia sobre las nopales, según el suelo y las variedades, y su influencia sobre el volumen de la cosecha y sobre la poda y otras prácticas culturales.

5.- Efectos de la sequía prolongada según el suelo y las variedades.

TEMPERATURAS

LUGAR	CLIMAS
San Luis Potosí	Seco, con invierno y primavera secos.
Hermosillo	Seco, con invierno y primavera secos.
Zacatecas	Seco con invierno y primavera secos; semilla, con invierno benigno.
Aguascalientes	Seco, otoño e inviernos secos; templado con invierno benigno.

2.3.2 Precipitación

Los lugares con nopales tienen una precipitación media anual entre 116 y 1805 mm, aunque prospera en condiciones de aridez.

Los estados meteorológicos de los lugares dentro de la zona cactológica que cuentan con estaciones pluviométricas, de donde se obtienen los elementos fundamentales para formular el resumen inserto a continuación:

ESTADOS METEOROLOGICOS

LOCALIDAD	TEMPERATURA			LLUVIAS	
	Med.	Máx.	Mín.	mm.	Días
<u>Aguascalientes:</u>					
Aguascalientes	17.9	36.9	4.7	352	68
Presa Calles	16.9	35.4	8.0	360	69
Rincón Romos	16.8	37.8	7.6	473	49
<u>San Luis Potosí:</u>					
Charcas	16.3	37.0	13.0	386	57
Mexquitic	16.8	37.4	5.9	354	47
San Luis Potosí	17.6	37.3	5.4	361	67
<u>Zacatecas:</u>					
Fresnillo	17.5	39.0	4.5	407	48
Zacatecas	13.1	29.0	7.5	365	62

PERIODOS DE HUMEDAD

LOCALIDAD	PERIODO SECO OCT-MAY		PERIODO HUMEDO JUN-SEP		ANUAL	
	mm	Días	mm	Días	mm	Días
<u>San Luis Potosí:</u>						
Charcas	152	29	234	28	386	57
Mexquitic	122	14	232	27	354	47
San Luis Potosí	104	28	257	39	361	67
<u>Zacatecas:</u>						
Fresnillo	97	14	310	34	407	48
Zacatecas	88	20	277	42	365	52

2.3.3 Clasificación de los Suelos

El nopal no muestra adaptabilidad en los suelos arcillosos compactos ni en los húmedos; prefiere los areno-calcáreos, sueltos, profundos.

La profundidad del suelo no debe exceder de la precipitación pluvial media multiplicada por 6.

El agua entarquinada vuelve enano y clorótico al nopal y muy susceptible al ataque de las plagas. Cuando el terreno se afloja mucho por causa de humedad, las raíces no pueden sostener la planta y ésta cae. A veces

el nopal crece y fructifica en casas ruinosas, en paredones viejos y en orquidades de las rocas desnudas.

El nopal debe ser alcalino o habrá que agregar cal.

Crece bastante bien en terrenos pedregosos, sembrado desordenadamente. Las nopaleras sembradas en terrenos no consolidados, van enriqueciéndolos paulatinamente con sus desechos y transformándolos en terrenos menores, aparte de que los defienden contra la erosión hídrica y eólica.

El nopal alcanza producciones elevadas en suelos ricos en materias nutritivas, abonados y regados; pero aún en los terrenos pobres de la Mesa Central una hectárea de nopal produce utilidades anuales superiores al maíz y frijol, sin el peligro de un fracaso total por sequía o heladas, ya que, en los años de temporal malo la nopalera rinde poco pero rinde, y el plantío subsiste en espera de mejores años. Además, si hubiera que emplear la tierra en un cultivo más remunerado, el aclareo será más fácil y el 90% en peso de la vegetación de la nopalera que se va a destruir, se transforma en dinero al vender las pencas como forraje.

Con respecto a este punto, se está investigando:

1.- Textura óptima del suelo para el desarrollo del nopal.

2.- Composición química más conveniente y pH óptimo.

3.- Profundidad requerida para un desarrollo radicular conveniente.

4.- Efectos del agua entarquinada.

El sistema radicular del nopal, por su gran desarrollo y poder de penetración a través de los intersticios de las rocas, capas calizas y tepetates, contribuye a la permeabilidad del suelo, a la vez que forma una resistente nervadura que arma el suelo y mantiene firmemente anclada la planta, formando una fuerte barrera contra la erosión. Las pencas con ayuda de las aérolas espinosas, retienen partículas orgánicas del aire, que resbalan por la superficie tersa y se depositan en el suelo o quedan en las conjunciones de las pencas y brazos, de donde el agua de la lluvia las arrastra para depositarlas al pie de la planta; a ésto se suman los detrimentos y excedentes de reservas alimenticias de insectos, aves, reptiles y roedores que viven, parasitan o simplemente se protegen al abrigo del nopal, atraídos por la vegetación que propician la sombra y humedad alrededor del tronco, formándose así una capa de materia orgánica que constantemente aumenta de espesor, mejorando la calidad del suelo.

2.4 Aspectos Fisiológicos (Micro y Macroelementos)

El nopal al igual que todas las plantas superiores, presentan un complicado proceso metabólico que da origen a la formación de muy diversos compuestos orgánicos. Para iniciar este proceso requiere de agua, bióxido de carbono, oxígeno y otras sustancias minerales.

2.4.1 Humedad

El agua constituye el principal componente químico del nopal. Su contenido varía entre las diferentes especies con relación a la humedad del suelo y a la disponibilidad del agua en éste. Horn (1914) consigna los resultados de los análisis de humedad de un mismo nopal, hechos en la estación seca, encontrando que variaba de un 92.75% a 79.32%. La humedad también varía con la edad del tallo.

2.4.2 Sales Minerales

La composición de las cenizas del nopal es muy variable, ya que depende en parte de la composición química del suelo y de los complicados fenómenos de la disponibilidad de ellos para la planta, relacionados con la acidez, salinidad, conductividad, grano de disociación o ionización, humedad y textura de los suelos.

Las cenizas de los nopales han sido ya analizadas, debido a su posible uso como alimento del ganado. Diversos análisis de pencas arrojan los siguientes resultados, en cuanto al contenido de cenizas: Dugast (1900) en nopales cultivados en Francia 1.76% (base húmeda); Hurdison (1926) en Opuntia vulgaris 3.76% (base húmeda); Ríos López (1954) en nopales mexicanos 24.06% (base seca); Fernández Landero (1949) en seis especies de nopales del Valle de México, encontró entre 1.08 y 4.05% (base húmeda) y entre 13.67 y 21.05% (base seca).

Los componentes principales de las cenizas son: calcio y potasio, encontrándose también algo de magnesio, sodio y pequeñas cantidades de fierro, aluminio y manganeso, predominando en forma de carbonatos, aunque también se encuentran como cloruros, sulfatos y pequeñas cantidades de fosfatos.

2.4.3 Carbohidratos

Los principales carbohidratos son los monosacáridos, los disacáridos y los polisacáridos.

Fernández Landero (1949), en su estudio químico de las pencas de seis muestras de nopales, encontró los siguientes valores máximos expresados como porcentaje del peso fresco de las muestras:

Azúcares totales	8.98% en tomentosa
Polisacáridos totales	8.49% en <i>O. tomentosa</i>
Disacáridos totales	1.60% en <i>O. robusta</i>
Monosacáridos totales	0.32% en <i>O. robusta</i>
Hexosas totales	3.78% en <i>O. tomentosa</i>
Hexosas polisacáridos	1.97% en <i>O. tomentosa</i>
Hexosas monosacáridos	0.26% en <i>O. robusta</i>
Pentosas totales	5.20% en <i>O. tomentosa</i>
Pentosas monosacáridos	0.10% en <i>O. tomentosa</i>
Pentosanos	5.12% en <i>O. tomentosa</i>
Carbonatos urónicos	1.70% en <i>O. tomentosa</i>

Se identificó los azúcares contenidos en las seis muestras estudiadas, encontrando en todas ellas glucosa y sacarosa; arábano y arabinosa en todas, salvo en *O. megacantha*; galactano únicamente en ambas formas, juvenil y adulta de *O. tomentosa*; xilano, únicamente en *O. megacantha*.

El alto contenido de azúcares en una gran mayoría de los frutos de los nopales hacen que éstos sean muy gustados y objeto de activo comercio.

La industrialización de los azúcares de los tallos y frutos de los nopales es factible.

2.4.4 Néctares

Los néctares son sustancias exudadas por órganos especializados de los nopales. Estos líquidos son una mezcla de sacáridos que a veces probablemente contengan también ligeras cantidades de aceites esenciales, sobre todo los producidos por la flor.

Los néctares juegan un importante papel en la polinización, atrayendo hasta las flores a insectos y aves.

2.4.5 Almidón

El almidón constituye la principal reserva nutritiva hidrocarbonada de las plantas superiores.

Fernández Landero encontró trazas de almidón en las seis muestras de nopales estudiadas. En cuanto al contenido de almidón, se encontró en muy poca cantidad en las semillas.

2.4.6 Celulosa

La celulosa es el componente principal de la pared celular de los vegetales superiores.

El contenido de celulosa en los nopales varía. Los datos que arrojan algunos análisis de nopales sobre el

contenido de fibra cruda, que es una mezcla de celulosa y lignina, son los siguientes:

<u>O. ficus-indica</u>	14.37%
<u>O. streptacantha</u>	13.13%
<u>O. tomentosa</u>	11.75%
<u>O. megacantha</u>	19.10%
<u>O. robusta</u>	21.21%

2.4.7 Gomas

Frecuentemente los nopales que sufren algún daño físico, comienzan a exudar gomas. Entre las gomas mejor conocidas hasta ahora, está la goma exudada por Opuntia fulgida que se le ha llamado "goma de cholla", que ha sido estudiada por Sands y Klaas (1929), por Díaz (1931) y por Brown. Según estos últimos autores, esta goma está formada por:

Acido D-galactourónico	1 parte
L-Arabinosa	6 partes
D-Xilosa	2 partes
L-Rammosa	trazas
D-Galactosa	3 partes

A la goma exudada por el nopal se le conoce vulgarmente como "goma del nopal".

2.4.8 Mucílagos

Los mucílagos son sustancias análogas a las gomas. En contacto con el agua forman unas dispersiones viscosas y poseen una enorme facilidad de embeberla; propiedad de suma importancia en el mecanismo de retención de agua de los nopales. Los mucílagos están contenidos dentro de las grandes células vesiculares de los parénquimas.

Fernández Landero (1949) encontró en las seis muestras de nopales estudiadas, un contenido de mucílago que fluctuaba entre 1.09 y 4.53%. El análisis del mucílago obtenido de O. ficus-indica mostró estar formado por glucosa y arabinosa, principalmente; mientras que los azúcares encontrados en el mucílago de O. tomentosa fueron glucosa, arabinosa y galactosa. En ambos mucílagos las cenizas representaban entre el 8.80 y el 13.21%; los azúcares totales del 62.92 al 64.53% y los pentosanos del 28.90 al 39.31%.

2.4.9 Sustancias pécticas

El ácido péctico, bajo la forma de sal de calcio, se encuentra en la pared celular. La consistencia suave de los frutos maduros de los nopales se debe a la desintegración del ácido péctico contenido en sus membranas y de otras sustancias pécticas contenidas en el jugo al transfor-

marse en pectinas. Las pectinas poseen un valor muy grande para la manufactura de jaleas y otros dulces y como su contenido en el fruto del nopal es muy alto, éstos son objeto de comercio activo para la preparación de diversos dulces y jaleas, preparados con las pectinas extraídas de tunas y pitahayas.

Diácono y Mora (1948) en Opuntia vulgaris, encontraron un contenido de 0.7% de pectato de calcio y magnesio; Toral (1955), en cinco especies de nopales del Valle de México, encontró un promedio de 0.9% de pectina; F. Villarreal (1963), en varias especies de nopales, encontró un contenido de pectina totales que variaban de 0.84 a 3.30% sobre peso húmedo y de 15.2 a 34.4% sobre peso seco; el contenido de protopectinas variaba del 0.44 al 0.721% sobre peso húmedo y del 3.56 al 6.05% sobre peso en seco.

Los azúcares pueden oxidarse para formar ácidos, siendo los principales los ácidos urónicos, cuya presencia en los nopales ya ha sido mencionada. Estos ácidos derivados de los azúcares, cuando están en solución, pueden formar ésteres internos denominados lactonas.

2.4.10 Ácidos Orgánicos

En el proceso metabólico de los nopales se forman

diversos ácidos orgánicos. El más abundante en los nopales es el ácido oxálico, que se le encuentra bajo la forma de sal de calcio; generalmente en inclusiones octahédricas cuadráticas, ya sea aisladas o agrupadas en drusas. El oxalato de calcio, una vez formado, ya no se disuelve por lo que se va acumulando en los tallos hasta llegar a constituir el 85% de las cenizas de ejemplares viejos. Es curioso observar que los nopales que han sido incinerados conservan su forma, gracias a la presencia de esta sustancia.

Según Schimper (1888), una de las principales funciones del calcio, es precipitar el ácido oxálico formado en el metabolismo celular, para evitar daño a las plantas.

La forma y abundancia de las drusas de oxalato pueden tener cierto valor taxonómico.

2.4.11 Lípidos

Las grasas y aceites son ésteres de ácidos grasos y glicerol. La presencia de varios ácidos grasos han sido demostrados en los nopales, aún cuando no son muy abundantes en estas plantas, excepto en las semillas.

Según Piña (1970), Opuntia streptacantha posee semillas que contienen grasa en un 11.5% y el aceite de tuna tiene un índice de yodo de 122 y un grado de saponificación

de 196; su densidad es de 0.917. El análisis de pencas de nopal citado por Martínez (1959), arroja un contenido de grasas de 2.158%. Fernández Landeros (1949) indica que el contenido de grasa en las puntas de las opuntias varía de 0.11 al 0.3%. Eckey, para Opuntia ficus-indica señala una cifra de 6.3%. Otros autores indican que el contenido de aceite en la semilla de los nopales varía del 6 al 8%. Según Eckey, el aceite de O. ficus-indica tiene un índice de yodo de 125 y un grado de saponificación de 194. Smith y Menton (1914), de un nopal también obtuvieron un aceite semisecante, claro, constituido por glicéridos de ácidos oleico, linoleico y palmítico.

2.4.12 Ceras

Las ceras se encuentran predominantemente como capas protectoras de los tallos y frutos, en las cápsulas de secreción y también dispersas en el protoplasma, al igual que los aceites.

En los nopales la capa protectora de cera juega un importante papel en el mecanismo de conservación de la humedad. En general, esta capa de cera es más abundante en las partes jóvenes de los tallos; y en algunas especies, en sus tallos adquieren una coloración grisácea, debido a la alta concentración de ceras.

2.4.13 Pigmentos

Los principales pigmentos contenidos en las cactáceas pertenecen a uno de los siguientes grupos: clorofiloides, carotenoides y fenólicos.

PIGMENTOS CLOROFILOIDES

La clorofila es el principal pigmento de las cactáceas; se encuentran en el parénquima clorofiliano, abajo de la epidermis de los tallos o de las hojas cuando éstas existen. No se encuentra libremente disuelta en el jugo celular, sino que se haya contenida en los cloroplastos. La clorofila desempeña la importantísima función de absorber la energía lumínica y transformarla en energía química necesaria para la vida de la planta.

Las clorofilas son compuestos profirínicos de magnesio; existen dos diferentes tipos: la llamada clorofila A, cuya fórmula empírica es $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$; y la clorofila B que tiene dos átomos menos de hidrógeno y uno más de oxígeno, en su molécula.

PIGMENTOS CAROTENOIDES

Los carotenoides abarcan dos grupos: los carotenos y las xantofilas. La carotina o B-caroteno es el principal constituyente carotenoide de las hojas y tallos de las cactáceas, pues se encuentra junto con la clorofila en

el cloroplasto. Su fórmula empírica es $C_{40}H_{56}$.

El B-caroteno es importante, como precursor de la vitamina A.

Las xantófilas son carotenoides oxigenados que derivan estructuralmente de los carotenos. La luteína es la xantofila más común y se encuentra en los cloroplastos junto con la clorofila. Su fórmula empírica es $C_{40}H_{56}O_2$.

COLORACION INVERNAL

Algunos nopales sufren un cambio de coloración en el invierno, en forma semejante al cambio de coloración que sufren las hojas de los árboles en el otoño. En los nopales, conforme se acentúa el período de sequía, que generalmente coincide con el invierno, se retarda la producción de clorofila y aumentan las cantidades de pigmentos carotenoides y xantófilas, produciendo coloración rojiza purpúrea de los tallos, que es muy notable en algunas especies de Opuntia. Este cambio se debe a la temperatura.

2.4.14 Compuestos Nitrogenados

Los principales compuestos nitrogenados encontrados en las cactáceas son: aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos y alcaloides.

Las proteínas constituyen el material viviente de la célula. Además, desde el punto de vista de su utilidad, las proteínas son el principal alimento de los animales y el hombre.

En estudios de nopales encaminados a evaluar su valor nutritivo, principalmente como forraje para ganado, se han encontrado los siguientes datos sobre el contenido de proteínas en pencas de nopal:

Opuntia ficus-indica	5.254% base semiseca
Opuntia ficus-indica	15.48% base seca
Opuntia streptacantha	11.44% base seca
Opuntia tomentosa	15.21% base seca
Opuntia megacantha	19.70% base seca
Opuntia robusta	23.00% base seca

En el análisis de tunas, citado por Ochoterena, arroja un porcentaje de 0.95% base húmeda, equivalente a 5.6% sobre base seca. Según Piña (1970), las semillas de tuna cardona (O. streptacantha) contienen 10.3% de proteína bruta y las semillas constituyen el 7% del peso del fruto. Ambos datos sobre muestra seca.

Aparentemente los tallos jóvenes tienen un mayor porcentaje de proteínas, pues Fernández Landeros obtuvo resultados que mostraban la diferencia mayor de 3% en los tallos de Opuntia tomentosa.

2.4.15 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios para el metabolismo normal de los organismos. Se ha demostrado que las plantas superiores requieren algunas de las vitaminas solubles en agua, tales como la vitamina C y del complejo B, que entre otras comprende: vitamina (B₆), ácido pantotéico, biotina, inositol, ácido -p-aminobenzoico y ácido fólico.

Fernández Landeros (1949), encontró los siguientes resultados de contenidos de vitaminas en tallos tiernos de Opuntia streptacantha, expresados en miligramos por 100 gramos de muestra fresca.

Acido ascórbico	4 mg.
Caroteno	5 mg.
Tiamina	0.04 mg.
Riboflavina	0.04 mg.
Niacina	0.30 mg.

El contenido de vitamina C en los artículos tiernos de las cinco especies de Opuntia estudiados, expresan los siguientes resultados, también sobre 100 grs. de muestra fresca:

ESPECIE	ACIDO ASCORBICO	ACIDO DEHIDROASCORBICO
Opuntia ficus-indica	4.60 mg.	X mg.
Opuntia streptacantha	3.97	0.92
Opuntia tomentosa	3.93	0.47
Opuntia megacantha	3.81	0.37
Opuntia robusta	4.34	X
Opuntia tomentosa joven	4.29	0.52

2.5 Propiedades Bióticas y Antibióticas

Según Zapata (1946), el nopal constituye un buen medio de cultivo de microorganismos y conservación de cepas, sobre todo de aquellas usadas en la determinación de aminoácidos y vitaminas, ya que un medio común para esta clase de microorganismos lo constituye la mezcla de extracto de pencas de nopal con agar enriquecido con un 10% de aminoácidos, sales y minerales.

De particular importancia por su posible aplicación, es el hecho de que el nopal pueda ser fuente de sustancias antibióticas.

2.6 Aplicación de la Química del Nopal a la Sistemática

Como se ha podido observar, no existen aún suficientes estudios sobre los componentes químicos del nopal, que permitan evaluar su valor práctico para la taxonomía. Habrá de pasar mucho tiempo antes de que el resultado de estas investigaciones hayan acumulado suficientes datos para ser correlacionados con estudios fitogenéticos y morfológicos que ayuden a esclarecer su complicada taxonomía.

Cuando se conozcan ya las variaciones relacionadas con el medio ambiente y cuando se conozca la composición química de todos los miembros, entonces será cuando la química del nopal constituirá un medio de ayuda taxonómica.

Entre tanto, sólo podemos señalar con incertidumbre, la diferente composición; pero no podemos aventurar una opinión en el sentido de que dicha composición y clasificación sea suficiente para situar a esta planta en un diferente taxón.

2.7 Aspectos Agronómicos

2.7.1 Plagas y Enfermedades

2.7.1.1 Plagas

Son muchas las plagas que atacan al nopal y muchas son sumamente perjudiciales, pudiendo darse al caso de que acaben prácticamente con las plantaciones. A continua-

ción haremos mención de las plagas más comunes:

SERAMBICIDO

Es un mayate escoleóptero de color negro, parecido a los pinacates con antenas muy largas, casi al tamaño del cuerpo. La hembra es de mayor tamaño que el macho y pone sus huevecillos en el tronco muy cerca de la tierra. Al nacer las larvas se introducen en los nopales, devorando la pulpa y por la cercanía de las heridas a la tierra, frecuentemente se originan pudriciones que hacen a las plantas caer o morir. Dichas larvas son gusanos blancos sin patas, como de tres centímetros de longitud y muy voraces.

ESCAMA DEL NOPAL

La escama es un cóccido que chupa la savia de la planta y la debilita. Cuando se presenta en cantidades muy grandes el daño a las nopaleras es de consideración. El adulto mide 1.5 mm., de cuerpo alargado, la parte superior café. Vive como incrustado dentro de unas membranas blancas, recubierto por una escama esponjosa y ocurre en varias generaciones al año, aunque es más abundante en agosto y septiembre. Las escamas protegen al parásito contra los insecticidas. Pueden aplicarse emulsiones de petróleo, cuando el insecto es joven (según experiencias, las emulsiones de petróleo dañan seriamente a las pencas). Se puede ensayar al Pati6n al 2%, conforme a las instruccio-

nes dadas al comprador. Cuando se concentra la escama en algunas pencas pueden rasparse; la escama no puede volver porque es ápoda.

COCHINILLA DEL NOPAL

El macho es alado y la hembra sin alas, de un tamaño aproximado de 1/2 mm. La hembra fecundada se adhiere a la cutícula de la penca y chupa la savia en tanto va creciendo, protegiéndose de una lana blanca y llenándose de huevecillos y de un líquido de color rojo púrpura que se ha empleado como colorante. Va formando colonias que llegan a cubrir buena parte de la superficie de las plantas, lesionándolas seriamente y permitiendo la infección de bacterias que en algunas ocasiones pudren toda la planta hasta su muerte. Las hembras ponen una gran cantidad de huevecillos que en pocos días llegan a la edad adulta, reiniciando el ciclo de producción.

Tratamiento.- Al iniciarse el ataque debe procederse a fumigar con Paratión al 2% en polvo (todos los focos) y continuar el ataque sin interrupción hasta la época de lluvias. Debe tomarse muy en cuenta que el Paratión es muy tóxico y que el operador debe tomar las precauciones indicadas por los fabricantes. También deberá tomarse en cuenta que las plantas fumigadas no deben proporcionarse al ganado, pero las plantaciones dedicadas al forraje

pueden utilizarse para este fin, combatiendo a la cochinilla por medio de la poda de las pencas afectadas.

El nombre científico de la cochinilla es Dactylopius indicus.

PICUDO CRUZADO (*Cilindrocoptorus birradiatus*)

Este parásito no forma galerías. Sólo se acomoda bajo - las aréolas, causando lesiones de las que fluye un líquido viscoso, con lo cual se alimenta el picudo. Esta pérdida interrumpe el funcionamiento normal de la penca. La larva mide 4 mm. de largo, cabeza amarilla con ocelos negros, ápoda. El adulto es un picudo pequeño de tórax amarillento con una mancha oscura en el centro; élitros oscuros con un dibujo amarillento. Las hembras ovipositan en la base de las espinas. Al nacer las larvas empiezan a comer y entonces, alrededor de las espinas se forma una mancha abultada y dura, de 10 a 12 mm. de diámetro, de cuyas grietas escurre una goma blanca. En las aréolas atacadas las espinas se tornan amarillo-rojizas. Dentro del mismo nopal se transforman en crisálidas y adultos.

No se ha estudiado el control. Dampf encontró un cerambicido Moneiloma variolare, parasitando a este picudo y posiblemente podría emplearse para el control biológico.

BARRENADOR DEL NOPAL

El adulto es un pirálido nocturno llamado Lanifera cyclades bruce, cuya hembra oviposita sobre las pencas poniendo de 30 a 50 huevecillos, de color verde-gris, cubiertos con una masa viscosa.

Las larvas, al nacer, labran galerías en las pencas de cuyos tejidos se alimentan. A lo largo de estas galerías ocurren infecciones fungosas secundarias. La pulpa es de color rojo oscuro, de 2 cm. de largo, envuelta en un capullo de seda blanca de consistencia pergaminosa.

El adulto es una mariposa de hábito nocturno que es atraída por la luz.

El control consiste en:

- 1.- Aplastar las mariposas en el día
- 2.- Aplastar las hueveras
- 3.- Emplear lámparas-trampas

Los indígenas del Estado de Hidalgo comen las larvas, con lo que contribuyen a su control. El control biológico posiblemente sea factible por medio de una avispa que es un bracónido de 5 mm. de largo, cuerpo negro y patas amarillas o rojizas.

PICUDO BARRENADOR DEL NOPAL

Es un curculiónido de color negro con dos manchas

rojizas en la parte anterior del tórax. Las hembras fecundadas depositan un solo huevecillo en un orificio hecho en la penca.

La larva es de 2.5 cm. de largo, de cabeza color rojo oscuro; labra galerías por donde camina, devorando los tejidos. Los adultos introducen el pico en la penca y con las mandíbulas cortan los tejidos.

Se observan en la penca agujeros redondos, no muy profundos en cada uno hay un adulto.

El control consiste en:

- 1.- Destruir las pencas atacadas por las larvas; se identifican por la goma que exudan.
- 2.- Dando las pencas atacadas al ganado.
- 3.- Destinando grupos de muchachos a recoger los picudos dentro de los huecos que labran en la penca.

OTRAS PLAGAS

La más importante aparte de las citadas, pero que afortunadamente no existe en México es la Ceratitis casitata. Deposita los huevos en el fruto, alimentándose las larvas con el contenido de la tuna.

Combate de Plagas.- Este punto es muy importante, pues de él dependen los buenos resultados de lo que nos proponemos; por tanto, se recomienda que antes de plantar las pencas, sean sumergidas en una solución de Endrín al 19.5%, empleando un litro de este producto para disolverlo en 200 litros de agua, utilizando una vasija de boca muy grande como la de una tina, y ahí ir bañando todas las pencas de una por una. Esto ocasionará evitar la pérdida de gran número de plantas por pudriciones ocasionadas por lesiones causadas por barrenadores.

2.7.1.2 Enfermedades

PUDRICION NEGRA

Es esta una enfermedad tan grave de las pencas, que no puede pensarse en fomentar el cultivo del nopal en gran escala, si no se cuenta con medios erradicadores cuando se presenta.

Las investigaciones hechas al respecto, se detallan enseguida.

La pudrición negra es causada por un hongo parecido al Fusarium.

En observación microscópica directa puede verse este microorganismo, acompañado de otros hongos de contaminación secundaria. En cultivo agar-nopal se obtienen colonias

de hongos con características semejantes a microconidias y clamidosporas de Fusarium. Inoculando pencas sanas con estas cepas se reproduce la lesión inicial. De las lesiones así obtenidas, se pueden aislar cepas de hongos con las mismas características morfológicas. Inyectando pencas sanas con el jugo extraído de las lesiones muy avanzadas de pudrición negra se reproduce la enfermedad.

El vector del hongo parece ser en el 90% de los casos, un pequeño estafilínido, no clasificado, que oviposita bajo la epidermis de la penca, abriendo una puerta de entrada al hongo. A veces el hongo se produce a lo largo de las galerías formadas por una larva grande azul de un lepidóptero no conocido y en raras ocasiones el vector es una larva de un coléoptero, también desconocido. En la disección de un 20% de las lesiones puede no encontrar se ninguna larva, por lo que cabe suponer que el hongo penetra por otros dos puntos vulnerables de la planta, los estomas y la base unida de las aréolas.

Cuando la lesión original es causada por las larvas del lepidóptero o del coleóptero, el desarrollo de la enfermedad es rapidísimo pues el hongo sigue a la larva a través de las galerías que va labrando, extendiéndose alrededor de ellas; una penca así atacada muere en un lapso de 30 días.

Cuando la puerta de entrada ha sido el único huevo

del estafilínido vector, como sucede en una gran mayoría de los casos, se ve una manchita negra, del tamaño de una munición, que va aumentando de diámetro hasta llegar a 10 o 20 cm., sin perder su forma circular. A medida que la mancha crece, la pudrición invade a los tejidos subyacentes y cuando el diámetro llega a 5-8 cm., la lesión es ya bien visible por el lado opuesto de la penca.

La larva que habita en la lesión forma su capullo ahí mismo y al fin emerge de la penca, en la forma adulta, en las primeras horas de la madrugada, cuando por la humedad ambiental se reblandece el tegumento. Al emerger deja un orificio casi circular, de unos 5 mm. de diámetro, que a veces aparece cubierto por excrecencias en forma de lágrima, las cuales se forman al solidificarse el líquido que escurre del interior, al contacto con el aire. Después de la emergencia del vector continúa evolucionando la pudrición negra, perdiendo generalmente las lesiones su forma circular.

Bajo dichas excrecencias depositan sus huevecillos unos pequeños dípteros y las larvitas, a veces muchas docenas, caminan hacia el interior de la pudrición donde se alimentan, crecen y forman sus puparios, de los cuales emergen como insectos adultos cuando se seca alguna parte de la penca podrida. Muchas veces no ocurren infestaciones secundarias de dípteros. Como en muchas ocasiones son varios los huevecillos depositados, cada uno en distinto

sitio, las lesiones circulares de la pudrición negra confluyen y la penca sucumbe. Muchas veces una sola lesión inicial evoluciona hasta pudrir toda la penca. El tiempo que requieren las manchitas negras para hacer que muera la penca varía desde uno hasta cuatro meses. Con frecuencia, sobre todo en verano, la mancha de la pudrición se reseca y la penca sana.

Las pencas atacadas son las de dos a tres años.

Como se sabe, la savia que circula por las pencas terminales es la más rica en ácidos orgánicos, impidiendo dicha acidez la proliferación del Fusarium y de los huevecillos de los insectos. Las pencas muy inferiores, como ya han sufrido un proceso de lignificación avanzada, tampoco son atacadas pues el hongo y los insectos no encuentran suficientes sustancias alimenticias que les permita evolucionar.

Medidas de Control.- Los insectos vectores no ovipositan en las plantas vigorosas con pencas de color verde intenso y cuando llegan a hacerlo se seca la pudrición antes de alcanzar las lesiones un diámetro de 3 a 6 cm. Por consiguiente, la primera medida de control consiste en mantener elevado el estado de salud de las plantas por los medios indicados.

El estafilínido vector vive en las oquedades de las pencas inferiores, en los tallos secos de las malezas

vecinas. La eliminación de éstas controla en parte la pudrición negra. Al insecto sólo se le encuentra en días nublados, nunca en las horas de mayor calor. Posiblemente se trata de un insecto "estivante", lo que explica la disminución notable de la pudrición durante los meses de abril a septiembre. Sin embargo, ésto requiere de investigación. Asimismo, se está investigando el tipo de insecticidas más eficaces para su control.

Cirugía de la Penca.- La eliminación del estafilínido vector en sus fases de huevo, larva y crisálida y la del Fusarium que invade a la penca a través de los estomas o aréolas, es relativamente fácil, recurriendo a la cirugía temprana de las lesiones, extirpándola antes de que alcancen un diámetro mayor de 2 a 5 cm. En noviembre o diciembre, cuando principian a aparecer las manchitas negras, deben extirparse todas y revisar posteriormente el plantío cada mes y repetir la cirugía cuantas veces sean necesarias de modo de impedir que la infección tome incremento.

La savia del nopal, por su condición viscosa, cierra inmediatamente las pequeñas heridas que causa la cirugía, en un 100%. En la práctica se ha visto que no hay ningún peligro de llevar la infestación de planta a planta, a través de los cuchillos usados en la cirugía.

Los trabajadores encargados de la cirugía deben estar provistos de un guante de cuero, para que no dejen

de hacerla en las pencas escondidas por el temor de espinar-se. El operador con la mano izquierda enguantada, sostendrá firmemente la penca y con la derecha introducirá un cuchillo bien afilado en los bordes de la lesión y cortará alrededor de ésta, atravesando la penca de lado a lado, de manera de extraer la zona enferma, que arrojará al callejón. En la penca quedará un hueco circular la mayoría de las veces, de formas diversas en otras. Es conveniente cortar la lesión lo más cerca posible de la parte sana, pero sin extirpar tejidos verdes en buen estado de salud. Cada trabajador debe ser provisto de una lima para afilar su cuchillo frecuentemente, porque al cortar las fibras del nopal que atraviesan a veces las lesiones, los cuchillos pierden su filo y no se hace bien la operación.

Cuando los operadores no llevan guantes, tratan a veces de extirpar la lesión sin sostener la penca y en su esfuerzo por hacer pasar el cuchillo de un lado a otro sacuden la penca con demasiado vigor y ésta se afloja o se desprende por la coyuntura.

La lesión que al tacto o a simple vista aparezca en proceso de cicatrización, no debe ser tocada.

Las pencas afectadas de lesiones que cubren más de la mitad de sus caras, sanan a veces efectuando la cirugía. En estos casos cuando el corte va de la coyuntura al borde superior, la estabilidad de la penca se compromete; pero en la mayoría de los casos la mitad que queda engruesa

con el tiempo, redondea sus cantos gruesos y vivos, y emite a su alrededor varios renuevos. Cuando el corte va del borde izquierdo al derecho, la penca queda muy firme para sostener los renuevos que se originan en la línea de corte.

Cuando la pudrición negra se extiende a lo largo de las galerías formadas por las larvas de los insectos invasores, la cirugía es mucho más difícil. En estos casos la presencia del insecto se manifiesta por leves decoloraciones de la penca, grandes y difusas, difíciles de notar para una persona no adiestrada. En el área de San Luis Potosí, estos casos no son frecuentes.

Combate del Hongo.- Los fungicidas de contacto ordinarios no pueden atravesar la cutícula de las pencas y por lo consiguiente no ejercen ningún efecto en el control de la pudrición negra. Se ha ensayado el Karatano y el Ditano, sobre los cuales se tienen fundadas esperanzas. Con la aguja veterinaria se pueden inyectar las lesiones con benzoato o yoduro de sodio. Ambos son efectivos, pero su aplicación es mucho más engorrosa y menos segura que la simple cirugía.

Mancha Café

La mancha café se manifiesta por una pigmentación de este color que comienza alrededor de las aréolas.

Poco a poco la pigmentación va invadiendo los tejidos adyacentes de la aréola, conservando una forma toscamente redondeada. Como la pigmentación café se presenta en varias aréolas a la vez, las manchas llegan a confluir y toda la penca acaba por adquirir un color café, interrumpiéndose la función clorofiliana y por consiguiente la producción de frutos y renuevos. En los plantíos de San Luis Potosí el fenómeno se presenta con mucha mayor intensidad en las caras orientadas al norte, en las pencas de más de dos años.

En las lesiones observadas con una lupa. pueden notarse colonias aisladas y confluentes, localizadas exclusivamente en la epidermis, con ligera penetración en el centro. En medios apropiados se obtienen cultivos de bacterias que llegan a formar colonias puras por medio de resiembra.

El nopal llamado de Alfajayucan es decididamente el más susceptible a esta enfermedad.

En los estudios de esta enfermedad que se llevan a cabo en San Luis Potosí, aún no se llega a nada definitivo en el control de esta enfermedad que merezca hacerse del dominio público. Posiblemente se trata de una enfermedad bacteriana transmitida por las raíces, de surco a surco durante la temporada de lluvias, cuando se forman las raicillas secundarias de absorción en número considerable, confundiéndose las raicillas de un surco con las del

inmediato.

CARCOMA DE LA PENCA

Esta enfermedad comienza siempre en la región apical de los renuevos que, como se sabe, es la zona generatriz o de crecimiento de la penca. Las aréolas que en esa región están sumamente próximas, se resecan hasta el grado de hacerse pulverulentas bajo una ligera presión. Al detenerse el crecimiento en una zona definida, como las zonas adyacentes continúan creciendo, al llegar a la madurez presenta la penca el aspecto dentado o roído que conocemos como "carcoma".

En los renuevos de menos de un pie de alto, a veces es difícil distinguir las lesiones de carcoma y las pencas simplemente comidas por los roedores. La debilidad orgánica del nopal favorece la aparición de la carcoma. Actualmente se llevan a cabo experiencias sobre la posible relación entre la carcoma y la carencia en el suelo de elementos menores, principalmente manganeso y boro.

2.7.2 Fertilización

El nopal es una planta que responde muy bien a la aplicación de fertilizantes o abonos.

Es aconsejable aplicar de 50 a 100 toneladas de

estiércol por hectárea (puede ser de cabra, vaca o caballo) y mezclarlo muy bien en los 25 cm. superiores del suelo. Esta estercoladura puede complementarse con aplicación de la fórmula 120-100-00; es decir, 120 kg. de Nitrógeno y 100 kg de fósforo por hectárea, dividido en dos aplicaciones (a principios y fines de la temporada de lluvias).

El nopal como ya se dijo, responde a la fertilización con estiércol y también con abonos químicos, basuras de la ciudad, etc. Sin embargo, es conveniente conocer previamente la composición química del suelo y subsuelo, en el caso de emplear abonos químicos, a fin de usar los más adecuados. En los suelos pobres en cal, es indispensable el uso de yeso o de cal apagada al tiempo (CO_3Ca), tomando en consideración que el nopal es una de las plantas de más alto contenido en calcio, superando muy considerablemente a las leguminosas en su demanda de este elemento.

En las plantaciones que tienen por objeto la producción de forraje, la adición de nitrógeno fomenta el crecimiento de las pencas.

También es recomendable fertilizar con 50 gr. de sulfato de amonio por planta, al inicio de las lluvias, procurando que el fertilizante quede aproximadamente a 10 cm. de distancia del tallo; el segundo año de su desarrollo se recomienda aplicar 100 gr. por planta de la fórmula 10-10-00; y a partir del tercero, aplicar 10 kg por planta de estiércol de ganado vacuno o 5 kg.

de estiércol de ganado caprino, cubriéndose siempre el fertilizante o el abono que se aplique con una capa de tierra de 5 a 10 cm. de espesor, para evitar erosión causada por vientos o lluvias.

2.7.3 Sistemas de Reproducción

El procedimiento más eficaz es la reproducción agámica, por cladodios enteros, para obtener plantas vigorosas y fruto, al segundo año de la plantación. También es factible la reproducción por fracciones de penca; ésto se hace solamente cuando la transportación del material vegetativo resulta demasiado costoso y por este procedimiento las plantas tienen un desarrollo más lento y el fruto empieza hasta el cuarto año. La reproducción por semilla confronta el riesgo de cruza espontáneas por polinización, que podrían acusar regresiones genéticas y frutos diferentes a los que produjeron la semilla, independientemente de que la fructificación se inicia hasta el cuarto o quinto año.

REPRODUCCION

Las nopaleras silvestres se forman por uno o varios de estos accidentes:

- 1.- Al madurar la tuna, es atacada por los pájaros, los cuales ingieren la pulpa con algunas semillas,

las que luego son depositadas con las deyecciones en campo abierto.

- 2.- Los pastores de cabras y ovejas acostumbran cortar el borde superior de la penca, en la cual están más juntas las espinas, para que los animales coman el resto de la penca, en la misma mata. Estos bordes, con profusión de yemas, arraigan en un 30% sobre el terreno en que caen.
- 3.- Al chamuscar el nopal en pie, para que el ganado tenga acceso a él, muchas pencas son derribadas por los esfuerzos de los animales al acercarse a comer la planta, y arraiga un buen porcentaje de las pencas caídas.
- 4.- Al cosechar la tuna para comerla fresca o para fabricar queso o melcocha, muchas veces se derriba la penca completa, la cual puede arraigar. Tanto en este caso como en el citado en el punto 2, para ayudar a la formación de la nopalera deben arrojarse los bordes cortados o las pencas enteras, a una distancia de unos 5 metros de todas direcciones.

REPRODUCCION SEXUAL

Las semillas, tratadas previamente con Semesán,

se entierran superficialmente en una caja, conteniendo una parte de mantillo por dos de migajón. La siembra se hace en hilera de 20 cm. de distancia y con un espacio de 5 cm. entre las semillas. La tierra se humedece ligeramente y se cubre con una jerga o manta gruesa, empapada en agua, que se puede quitar cuando las semillas comienzan a germinar, o sea, los 12 a 15 días después de la siembra. Cuando las plantas tienen unos 5 cm. de altura se pasan al vivero, donde continúan su desarrollo.

La semilla se consigue en grandes cantidades en los estados del centro de la República, durante la fabricación de queso de tuna. Es necesario darle a la semilla un ligero lavado para quitarle los fragmentos de pulpa, después de lo cual se pone a secar a la sombra. Conforme envejece, va perdiendo la semilla su poder germinativo.

Se dice que los nopales obtenidos de semillas sólo alcanzan la mitad o cuando mucho dos tercios del desarrollo de los obtenidos por pencas. Cosa parecida se dice del henequén, pero es sabido que los ingleses a partir de semillas yucatecas, han desarrollado un tipo de henequén, superior en todos los sentidos al de Yucatán.

La reproducción por semillas es digna de estudio cuidadoso, como los que actualmente se llevan a cabo en San Luis Potosí, ya que si se lograra obtener una sola planta adulta de nopal por cada 10 gramos de semilla arrojados sobre el suelo removido, campo abierto, podría

intentarse económicamente la repoblación de nuestros desiertos por medio de aviones.

2.7.4 Preparación del Terreno

El nopal introduce sus raíces en el suelo no removido, por lo que se le puede plantar en laderas desnudas o en terrenos pedregosos o compactos, insertando las pencas en las oquedades naturales o en los hoyos hechos con azadón, cubriendo la penca con la mayor cantidad de tiempo posible, hasta sus dos terceras partes. En suelos compactos simplemente se depositan las pencas, de plano, sobre el terreno, al principio de la temporada de lluvias.

Un terreno bien removido favorece al crecimiento y la fructificación del nopal, mientras que el sembrado en suelo compacto tiene un crecimiento lento y su fructificación es escasa. En terreno compacto la especie Opuntia robusta (nopal tapón), es la de mejor desarrollo siguiéndole el nopal cardón. El nopal responde bien al estiércol, el cual se puede incorporar al terreno antes de la plantación. Es conveniente hacer intercaladuras o usar las basuras de las ciudades, aplicando 20 a 30 ton/ha/año.

Una vez localizado el terreno en donde se va a llevar a cabo el establecimiento de la huerta de nopal, es necesario eliminar la maleza, arbusto y árboles existentes,

con el objeto de evitar la competencia de nutrientes y luminosidad con la planta de nopal; así como acondicionar el terreno de acuerdo a la pendiente; si es ligera, pasando una niveladora, si la pendiente es arriba del 20% mediante la construcción de terrazas, bordos o curvas de nivel. Cuando se presente el caso de suelo rocoso o de tepetate, lo más recomendable es la formación de terrazas individuales de un diámetro de 50 cm.

Los bordos deben llevar una altura de 30 cm. aproximadamente y pueden formarse con borderas de tracción mecánica o con arado de vertedera de tracción animal.

Asimismo es de vital importancia, circular el terreno donde se establecerá la huerta, con el objeto de impedir que durante los primeros años de desarrollo las plantas sean dañadas por el ganado.

En terrenos planos, para intemperizar la capa inferior del suelo y eliminar nemátodos y plagas del suelo, es necesario llevar a cabo un barbecho de 30 cm. de profundidad; realizar los pasos de rastra que sean necesarios y trazar la plantación.

En 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.

de una penca lisa.

Las pencas que arraigan mejor y emiten renuevos más vigorosos son las de dos o tres años; las de más edad emiten renuevos de calidad inferior y las muy jóvenes no llegan a producirlos. Cuando al cortar una penca de dos o tres años lleva inserta una o dos pencas jóvenes; es preferible dejárselas y sembrar todo el brazo, si no hay inconveniente en el transporte. Al cortar brazos se procurará que las pencas secundarias arranquen de preferencia del borde superior de la penca basal; esta posición asegura mayor estabilidad a la futura planta. El corte lo debe de hacer una persona experta, usando la hoja de un cuchillo bien afilado entre la coyuntura, procurando que la herida sea del menor diámetro posible.

2.7.4 Preparación de la Penca

Una vez cortada la penca, debe guardarse a la sombra hasta que cicatrice la herida formando callo, lo que demanda 10 a 15 días en tiempo seco. Una vez cicatrizada la herida, se trata la penca con Semasán u otro fungicida, de acuerdo con las indicaciones del fabricante, o bien, con un caldo bordelés adicionado de "baba" de nopal, lo que le presta excelente adherencia a la penca. Con este tratamiento se evita el desarrollo de enfermedades fungosas en los primeros tiempos de la vida del nopal.

Para el corte y manejo de las pencas debe escogerse tiempo seco.

2.7.7 Tratamiento para fracciones mínimas de penca

En este caso el tratamiento dado a las pencas es más largo y se recomienda hacerlo cuando se tiene 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 huerta. El tratamiento consiste en lo siguiente:

- a).- Seleccione las pencas en el huerto o vivero, de acuerdo a las condiciones mencionadas, después de haber dejado las pencas durante 10 días bajo sombra.
- b).- Corte las pencas de acuerdo a su tamaño.
- c).- Trate los trozos de penca resultantes con pasta bordelesa (la pasta bordelesa se prepara mezclando un kilo de sulfato de cobre en 5 litros de agua y agregándole una lechada elaborada con 1 kilo de cal apagada disuelta en 5 litros de agua) y dejándolos en la sombra durante una semana.
- d).- Transcurrida una semana, coloque los trozos de penca sobre un almácigo compuesto de la mezcla tierra-arena y estiércol, agregados en las mismas cantidades; el tamaño del almácigo puede ser el siguiente: 1.20

mts. de ancho por 10.0 mts. de largo.

- e).- Una vez colocados los trozos de penca, agregue una pequeña cantidad de la mezcla tierra-arena y estiércol, sin taparlos totalmente.
- f).- Dé riegos ligeros al almácigo cada 7 días, hasta que se inicie el enraizamiento y aparezcan los nuevos brotes.
- g).- Cuando los nuevos brotes alcancen de 10 a 12 cm. de altura, cubra completamente los pedazos para que terminen de enraizar.
- h).- Siguiendo este tratamiento, se puede obtener después de 6 meses plantas con suficientes raíces, listas para ser sembradas.

2.7.8 Transporte de las pencas

Raras veces es económico el transporte de las pencas a largas distancias. Un millar de pencas adultas pesa una tonelada o más y para plantar una hectárea se necesitan de 1000 a 2500 pencas, según la densidad a que se siembre. Además hay que agregar un porcentaje, variable con la distancia y el estado del tiempo, para reponer las pencas que lleguen podridas o maltratadas. Por camión las pencas pueden viajar desnudas, o envueltas en papel periódico o papel manila. Debe escogerse tiempo seco para viajar.

Cuando el transporte va a durar de uno a tres meses se les hace arraigar, luego se cortan las raíces y se envuelven las pencas en papel periódico, con una segunda cubierta de papel manila.

Si se quiere pueden eliminarse las espinas cortándolas en su tercio inferior con un golpe seco de un machete bien afilado, sosteniendo la penca con la mano izquierda, provistas de guante de cuero. Las pencas sin espinas se maltratan menos. Transportando brazos en vez de pencas sueltas, la penca sufre menos el transporte, siempre que el brazo tenga las pencas en el mismo plano.

Cuando la plantación sea de nopal liso, a veces conviene proveerse de un número conveniente de pencas de nopal espinoso, para formar las cercas y linderos.

Si no quiere destruirse completamente la nopalera madre, téngase en cuenta que entre más vieja sea la planta mayor a de ser el tronco que se deje en el terreno.

Una vez que lleguen las pencas a su destino no deben almacenarse, sino que serán distribuidas al aire libre, sobre el terreno donde se vayan a plantar, con el fin de evitarles magullamientos.

2.7.9 Epoca de la Plantación

Las pencas próximas a emitir renuevos arraigan con

más vigor, por ello es febrero el mejor mes para plantar, siempre que el terreno tenga suficiente humedad. Plantando en febrero las pencas emiten sus primeros renuevos en la siguiente primavera y alcanzan un buen desarrollo durante el verano y otoño, lo cual permite en algunas variedades la fructificación al siguiente año. Cuando por falta de agua de lluvias no se puede plantar en febrero, se hará la plantación en agosto o septiembre. El nopal plantado en esos meses no alcanza a emitir brotes, pero se desarrolla; en cambio, un abundante sistema radicular acopiando reservas que aprovechará en la siguiente primavera para la emisión de numerosos brotes.

2.7.10 Enterramiento de las pencas

Se entierran las pencas en las rayas con ayuda de un azadón, dejándolas en posición erguida, es decir, con el diámetro mayor en posición vertical, cubriendo sus dos terceras partes con tierra. Si se planta un brazo se cubre con tierra la primera penca en sus tres cuartas partes. Si se planta una sola penca y se cubre completamente con tierra el brote no tendrá fuerza para salir.

La distancia entre una y otra penca difiere con la variedad, con la riqueza del suelo (mientras más pobre más separadas) y con la distancia entre las hileras;

por regla general el espacio entre las pencas es de 1 a 3 metros, cuidando que cada planta disponga para su nutrición de un área de 10 a 15 m².

La plantación también puede hacerse mecánicamente depositando las pencas a intervalos, en el fondo de un surco no muy profundo abierto con arado y cubriéndolas con tierra con otro paso de arado y descubriendo después a mano las que queden cubiertas en más de sus dos terceras partes.

Para formar cercas o linderos, es necesario abrir dos hileras por un metro de separadas, en terreno bien barbechado en una faja de dos metros, la cual se abonará abundantemente.

Es conveniente que los rayos del sol peguen en ambas caras de las pencas durante los 2 o 3 primeros años de la plantación. Esto se logra colocando de norte a sur las pencas que se siembran, ya que según los hábitos de crecimiento de esta planta, durante los primeros años las ramificaciones crecen, presentando sus caras paralelas a la planta patrón y después empiezan a salir en posición irregular. Se ha observado que cuando las pencas patrones no se plantan en posición, la mayor cantidad de tunas sale por el lado más asoleado de las plantas.

2.7.11 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 manera que sólo queda tapada por la tierra hasta donde llegaba en el almácigo.


2.7.12 Viveros

Si la magnitud de la plantación lo requiere y si se cuenta con suficiente número de pencas en condiciones óptimas, habrá necesidad de formar viveros, empleando las mejores pencas de que se pueda echar mano y en terreno de riego. Las pencas se siembran a 50 cm. de distancia en hileras distantes de 1.5 metros en terreno bien barbechado y abonado. La plantación se hace de preferencia en febrero, en terreno húmedo y se dan los riegos necesarios. La plantación se tendrá libre de hierbas y plagas. Cuando las plantas de vivero tenga de 2 a 3 años, proporcionarán las pencas necesarias para una plantación.

2.7.13 Combate de malezas

Se debe mantener la plantación libre de malezas, mediante limpias realizadas con azadón, o bien, con el paso de rastra. En este último caso los discos no deben

de penetrar más de 10 cm. en el suelo, para no dañar las raíces.



BIBLIOTECA CENTRAL

2.7.14 Riego

En lo que se refiere a riego, éste no debe efectuarse durante los 3 primeros meses después de haberse plantado las raquetas, ya que en lugar de beneficiar le perjudica, causando pudriciones.

En caso de establecer plantaciones de nopal para la producción de verdura, deberá aplicarse un riego después de los 2 meses de plantadas las raquetas, con el objeto de estimular a la planta para que produzca un mayor número de brotes, con lo cual incrementará notablemente los rendimientos por unidad de superficie.

2.7.15 Replantación

Un mes después de la plantación debe hacerse una revisión de las pencas sustituyendo las podridas por plantas sanas y fuertes, pues si se hace la replantación con plantas débiles, el mes de ventaja que llevan las plantas próximas, será suficiente para impedir su crecimiento normal.

Deberá darse un paso de arado de 3 a 4 cm. de profundi-

dad después de cada lluvia con el objeto de conservar la humedad. Es especialmente importante un buen rastreo en la época de lluvias, con el fin de conservar húmedo el suelo la mayor parte de tiempo posible durante el invierno, pues ésto ayuda al nopal a resistir las heladas. Favorece una floración abundante y permite al nopal soportar la época de sequía que generalmente se presenta en nuestra Altiplanicie, en la primavera, y se prolonga hasta mediados de junio, en que se inician las primeras lluvias.

En las plantaciones jóvenes en las que el nopal no ha alcanzado un buen desarrollo, generalmente crecen malas hierbas entre las plantas, y si aquellas son abundantes habrá que eliminarlas, como ya se mencionó en combate de maleza.

El nopal tiene un sistema radicular de gran longitud, de modo que cuando se le planta en condiciones adecuadas, las raíces invaden en dos o tres meses al terreno, en una distancia de 3 a 4 metros de las hileras. Esto impide afectar cultivos asociados con el nopal, pues con ellos se establecería una competencia para el buen desarrollo del mismo.

2.7.16 Injerto

En las cactáceas no solamente es factible el injerto

entre distintas variedades y especies sino más aún entre géneros. Es casi la única familia botánica que presenta esta particularidad.

Se han estado efectuando pruebas de injertos, haciendo uso de una técnica especial, ya que la presencia de espinas y la forma plana de las pencas, dificultan ligar con fuerza los tejidos que se trata de unir. Los injertos hechos en septiembre son "a ojo dormido", y los de primavera son "a vivir", siempre que las heladas no sean muy frecuentes y rigurosas en la región.

2.7.17 Poda

a). NOPAL PARA PRODUCCION DE TUNA.- La recolección de la fruta en nopales de altura mayor de 1.50 metros requiere escaleras, por lo que resulta engorrosa y cara. De ahí la conveniencia de mantener a las plantas a esas alturas, a base de poda. El nopal cultivado da tunas en las pencas del año anterior, siendo menor la proporción en las de dos años, siempre y cuando no haya suficientes pencas de aquellas. Tomando ésto en consideración, deben eliminarse las pencas que hayan dado tunas el año anterior, efectuando esta poda en invierno, después de terminar la recolección de la fruta. En esta forma los renuevos salen de las pencas que quedan y producirán tunas

el año siguiente. Como los renuevos del año anterior no se tocan, éstos darán fruto y serán las pencas que se eliminarán después de cumplir con su función. Al efectuar la poda debe tomarse en cuenta que el nopal debe tener forma circular y podrán eliminarse los brazos que sobresalgan de las normas establecidas por el agricultor con respecto a la forma que desee dar a sus nopales. En la poda también se eliminarán las pencas caducas o defectuosas.

- b). NOPAL PARA FORRAJE.- El nopal destinado a forraje debe sufrir podas moderadas, pues las muy enérgicas lo agotan. En términos generales podrá podarse hasta el 40% de la planta, siempre que esté ya bien desarrollada y sólo cuando sea precisa una poda tan enérgica. Esta poda consistirá en eliminar los brazos, pero no en su punto de inserción al tronco, sino dejando una o dos pencas y cuidando de no romper el equilibrio de la planta sino mejorando su forma. Cuando se use el pastoreo en nopaleras sin espinas, se cuidará de no esquilmarlas más allá del 40% de las plantas y en todo caso no más que el crecimiento del año anterior.
- c). PODA PARA MEJORAMIENTO DEL FRUTO.- Como se dijo, las nopaleras cultivadas también producen tunas en las pencas de dos años y la que producen es de

tamaño muy superior al de la producción en pencas del año anterior.

En forma experimental se ha logrado producir tuna excepcionalmente grande, eliminando todos los renuevos o la mayor parte de ellos durante los meses de primavera, verano y otoño, debiendo hacerse tal eliminación a medida que aparecen los renuevos, pues si se dejan sin poda hasta que ya son grandes, entonces nuestra planta presenta cierta tendencia a no fructificar al siguiente año y a emitir numerosos renuevos.

- d) ACLAREO DEL FRUTO.- En los nopales cultivados la tendencia a fructificar llega al exceso, por lo que resulta indispensable el aclareo de los frutos, en ocasiones en forma sumamente enérgica. En términos generales a un nopal no debe dejársele más tunas que el doble de pencas que tenga, contadas desde el tronco; es decir, si un nopal tiene un total de 100 pencas no debe tener mapas de 200 tunas y eso siempre que se encuentre en muy buenas condiciones; ésto es, sano y turgente, en la época de la floración. Una penca no deberá contener más de 8 a 10 tunas. La operación del aclareo se ejecuta con guante, eliminando las pencas más débiles y cuidando sobre todo de la colocación de las que quedan.

2.7.18 Cosecha

La mayor producción de nopalitos se presenta en la época de mayor precipitación pluvial, que desafortunadamente es cuando el precio es más bajo. Durante el invierno la producción es muy baja o nula, si no se aplican riegos; pero es en esta época cuando los precios son mejores. Estos precios se mantienen hasta la época de cuaresma y decrecen al pasar la Semana Santa.

Como nopalitos, el mercado acepta brotes de 10 a 15 cm. de longitud, pero en ocasiones los prefieren más pequeños o más grandes.

Semanariamente se cortarán al ras de la penca inferior— sólo aquellos que han alcanzado los 10 o 15 cm.

Los brotes que no se cortarán, estarán de buen tamaño para ser cortados a la siguiente semana.

El corte de los brotes puede hacerse con un cuchillo, o bien, torcido el brote.

La producción que puede lograrse con riego, estiércol y fertilizante químico, puede ser de 5 a 8 toneladas por hectárea, cada semana, durante todo el año.

COSECHA DEL FRUTO

La cosecha se debe realizar cuando el fruto empiece a perder su color verde, tornándose en algunas partes

amarillo y cuando al cogerlo entre los dedos se sienta un poco blando; o sea, que se encuentre semi-duro. El momento más recomendable para efectuar el corte, es cuando no hay corrientes de viento que diseminen los "ahuates".

El proceso de corte se efectúa protegiendo la mano con un guante de cuero o de hule grueso. El fruto se toma con los dedos de la mano protegida, se hace girar hacia un lado y luego en sentido contrario hasta que se desprege de su base. Debe procurarse no dañarlo, ya que ésto demerita su calidad.

Cortada la tuna, se barre con una escoba para eliminar el "ahuate" y finalmente envasarla para su venta.

2.8 Aspectos Genéticos

2.8.1 Variedades y Características

Se han descrito alrededor de 1500 variedades de nopal. Como la sinonimia popular de esta planta varía de un estado a otro y a veces hasta de uno a otro municipio de un mismo estado. Una misma variedad ha sido descrita y bautizada con docenas de nombres científicos, lo cual ha provocado una gran confusión que convierte a la sistemática del nopal en punto menos que inservible para propósitos prácticos. Se agrega a ésto la vaguedad en las clasificaciones. Se dice, por ejemplo, que tal variedad tiene "aréolas

cercanas", en tanto que otra las tiene "distantes". Para remediar dichos inconvenientes en las investigaciones, se ha recurrido al uso de patrones invariables; así, para comparar el número de aréolas en la penca, se cuentan las que caben en un bastidor cuadrado de 10 cm de lado, en una penca de dos años de edad. Para describir la forma de la penca, se miden los diámetros mayor y menor y se obtiene el cociente, etc. El estudio sistemático que se está llevando a cabo en este aspecto, comprende estos puntos:

- 1.- Pencas: dorma, medidas, peso, color, textura.
- 2.- Espinas; disposición en la penca, número, ángulo de inserción, medidas, color, consistencias, variaciones en el número y modificaciones de la dorma, según la edad.
- 3.- Flor: color, medidas, cáliz, corola, androceo, gineceo.
- 4.- Fruto: medidas, color, peso, sabor; número, color y consistencia de los ahuates del pericarpio.
- 5.- Semillas: Forma, color, peso, tamaño, consistencia, número y contenido de grasa.

Debe adelantarse que dentro del gran número de variedades catalogadas, sólo unas cuantas docenas muestran cualidades comerciales; planta grande, precoz, resistente a las enfermedades, resistencia a la sequía extrema y a

las heladas; de crecimiento profuso pero no erecto, para facilitar la recolección de los frutos.

2.8.2 Selección de Variedades

Este aspecto es de gran importancia, debido a que algunas veces las variedades se comportan en forma diferente cuando son plantadas en lugares con distintas características de suelo y clima; también al hacer dicha selección, deberá tenerse muy en cuenta saber si se piensa utilizar para producir forrajera o para producción de fruto, pues hay variedades de crecimiento rápido y con pocas espinas, casi desprovisto de ellas, como por ejemplo: el nopal de huerto, la sangre de toro, etc.

2.8.3 Para el Aprovechamiento del Fruto

Entre estas variedades hay que tener en cuenta la finalidad que se piense dar a los frutos, es decir, si se piensa industrializar haciendo queso de tuna, miel, etc., buscándose para el caso variedades que sus frutos contengan suficientes azúcares, calcines y pectines con bajo contenido de agua; en caso de que los frutos se piensen aprovechar para consumo fresco, se procurarán variedades con frutos ricos en agua y azúcares y de buen sa-

bor, como la tuna blanca de alfajayucan y que además tenga cáscara gruesa que permita el empaque y transporte con un mínimo de daño.

2.8.4 Características de algunas Variedades de Nopal

1.- NOPAL CAMUESO (Opuntia camuesa o larreyi).- Este nopal no es muy corpulento, el máximo de la altura es de 2 a 3 metros; sus artículos son grandes y carnosos, más bien arredondados que largos, alcanzando un diámetro de 30 a 35 cm por 3 a 4 de grueso. Casi desprovisto de espinas.

Su fruto es muy apreciado y grande; probablemente el más grande de las variedades de nopales cultivadas. Alcanza hasta 10 cm de largo, de un rojo subido (guinda). Por ser esta tuna la primera en madurar, alcanza muy buenos precios en el mercado. Comienza a madurar a principios de mayo.

Prospera en las huertas o en nopaleras pequeñas, formadas para ser atendidas con esmero. No se explota esta tuna para extraer ningún producto. Se usa para el consumo directo.

2.- NOPAL CARDON (Opuntia streptacantha).- Nopal muy corpulento, arborescente, erecto, hasta de 3 mt de altura, con troncos de más de 65 cm de diámetro muy ramoso;

artículos obovados u orbiculares de 25 a 30 cm de largo y de color verde oscuro; aréolas pequeñas y muy cercanas, espinas numerosas; grandes flores rojo guinda, fruto muy succulento y con menos semillas que las demás especies.

Esta especie es la denominada vulgarmente "tuna cardona" y no hay tuna que la iguale en sabor y calidad; aunque su riqueza en azúcar sea inferior a la de las tunas de la serie Ficus indica (nopal pelón, apastillado, etc.).

Su zona de distribución está principalmente en la Mesa Central de México; prospera admirablemente en San Luis Potosí y Zacatecas y es en extremo abundante en las rancherías, huertas y nopaleras del distrito de San Luis de la Paz, Gto.

Es la planta típica de la flora mexicana, cultivada desde el tiempo de los toltecas. Fue una de las primeras cactáceas exportadas a Europa en donde se aclimató, especialmente en la zona litoral del Mediterráneo. Se colectó en Ocampo, Gto. y se anota en los datos como apastillada.

3.- NOPAL TUNA VERDE (Opuntia ficus indica).- Sus características quedan dentro de la especie anterior, posiblemente como variedad.

Las aréolas tienen o no de 1 a 3 espinas pequeñas. Procede de los alrededores de Escobedo, Coah. y se anota en los datos como verde.

4.- NOPAL CUIJO (Opuntia engelmannii).- Este nopal es bastante reducido de tamaño, tanto la planta en su mayor desarrollo como sus pencas o artículos. Alcanza hasta 2 mt de altura y sin tronco; artículos de 20 cm de diámetro y de color aceituna, aréolas bastante grandes con mucha borra y muchas espinas de 3 a 4 cm de longitud y numerosísimos ahuates.

Flores de color amarillo y a veces se presentan de color rosa.

Fruta demasiado chica (3 a 5 cm de largo), globoso, de color rojo purpúreo, sabor dulce o con más frecuencia enteramente ácido. No se saca de él ningún producto.

Sus artículos no se utilizan para la alimentación del ganado, debido a su tamaño corto y por ser laborioso el chamuzque.

Su zona de distribución es muy extensa; es planta sumamente variable en sus caracteres.

5.- NOPAL DURAZNILLO (Opuntia leucotricha). Es un nopal algo distinto de las demás variedades más comunes; cualquiera que le haya visto una vez, puede distinguirlo de los anteriores fácilmente.

Su altura varía de 3 a 5 mt., con una grande capa; sus pencas son de forma oblonga u orbicular, pubescentes, con aréolas muy juntas; su color es algo amarillento

en vez de verde, en diversas tonalidades, como en las demás especies; sus espinas se alargan y adelgazan con la edad y se van convirtiendo en espinillas diminutas que imitan pelos o cerdas; son de color blanco y a veces amarillo; "bracea" mucho y llega a adquirir gran desarrollo por la cantidad de artículos y renuevos. Su flor es muy grande, con anchos pétalos de color amarillo subido y estilo de color rojo púrpura.

El fruto de este nopal es una tuna muy diferente de las comunmente utilizadas; su pulpa es fragante y aromática y no queda desprendida de la cáscara al llegar a su madurez. De 4 a 6 cm de largo; sus ahuates fácilmente se desprenden con solo frotar la cáscara con ramas, circunstancia que influye en que algunos lo comen con todo y pericarpio, su pulpa es de color amarillo claro y blanco verdoso, en otras regiones el "nopal duraznillo" presenta plantas que producen frutos de corteza y pulpa rojas y se ha llegado a creer que se trata de dos variedades bien definidas; pero en realidad la razón está en las condiciones internas de individuos de la misma especie, que puede explicar la fisiología.

6.- NOPAL MANSO (Opuntia megacantha).- Nopal erecto y arbóreo de 5 a 6 mt de altura, con tronco cilíndrico que se vuelve leñoso con la edad; sus artículos son elípticos y obovados a menudo oblicuos, de 40 a 50 cm de largo,

llegando en los grandes ejemplares de este nopal hasta 60 cm; es muy espinoso; flores amarillas; fruto de color amarillo claro, muy jugoso y rico en azúcar. No se extrae ningún producto de esta tuna, pero en su consumo como fruto es de las más apreciadas. Se acostumbra mucho en forma seca o pasada (tuna pasa).

Existe cultivada en la Mesa Central y debido a su importancia se ha llevado a otros muchos lugares del país. Muy cultivada en Jamaica y sur de California, a donde se cree que la llevaron los misioneros. Crece silvestre en las islas Hawaii, de donde pudo haber sido importada. Fue obtenida en Escobedo, Coah., y se anota en los datos como amarilla.

7.- NOPAL PELON (Opuntia maxima).- Es el nopal más corpulento de las especies cultivadas o mejoradas por el cultivo; es una planta muy erecta y prolifera, de 4 a 5 mt de altura, con un tronco cilíndrico que se vuelve leñoso con la edad; artículos gruesos, elípticos y abovados de 25 a 50 cm de largo; aréolas hundidas distantes e inermes, rara vez con una espina solitaria.

Sus flores son amarillas. Desde que está tierna la planta "bracea" o ramifica mucho. Su fruto es abovado y rojizo, de 6 a 8 cm de largo. Su cáscara, al ser desprovista de su cutícula o pellejo, presenta un color anaranjado o ligeramente amarillo y rojo. Su pulpa es de color más

acentuado.

Es una de las tunas de mayor tamaño y de excelente calidad, muy rica en azúcar. Es muy importante como forraje-ro, por la característica de carecer de espinas, que hace que el ganado lo come sin ninguna preparación.

Esta variedad tan importante de nopal, el famoso "nopal sin espinas", era conocida desde la época de los aztecas, quienes la denominaron "noxtli"; después los conquistadores le dieron el nombre haitiano de "tuna" y es, por lo tanto, la razón u origen del nombre del fruto de las Opuntias.

Este nopal pertenece a la importante serie o subgénero de las Opuntias llamadas ficus indica, a la que también pertenecen las variedades de tunas con los nombres de "tuna de castilla", "tuna apastillada", "tuna ranchera", "tuna alfacayuca", etc., todas ellas cultivadas y de mucho aprecio en el mercado.

8.- NOPAL TAPON (Opuntia duranguensis).- Esta especie de nopal no se distingue por su altura como las anteriores; es postrado y de ramas esparcidas; altura de metro y medio, aunque por excepción se encuentran individuos más altos. Sus artículos gruesos, grandes, de 30 a 45 cm de largo por 28 a 40 de ancho, de color glauco cinéreo, aréolas no muy juntas y de forma orbicular, provistas de 3 a 5 espinas amarillas en su base y de longitud regular,

alcanzando las más largas hasta 8 cm. Las pencas jóvenes tienen una coloración especial amarillo-verdoso y presentan hojuelas bastantes desarrolladas; su epidermis es más espesa que en las otras especies, está incrustada con cristales de oxalato de calcio, excepción de los lugares ocupados por los estomas.

Sus flores son de color amarillo-ámbar y a veces se presentan de color salmón; de tamaño regular y muy semejantes a las del "nopal duraznillo".

Su fruto consiste en una fruta globosa, de tamaño regular, 4 a 6 cm, de color carmín con la pulpa rojiza y sabor agradable; contiene gran número de semillas de tamaño extraordinario y perfectamente crustáceas y, por lo tanto, indigeribles, pudiendo atravesar impunemente el intestino y aún obstruirlo, en las personas o animales que lo comen en exceso. Proviene de esta circunstancia, común a otras muchas tunas, el nombre vulgar con que se les conoce.

A pesar de que su sabor es agradable y el fruto atractivo en apariencia, no se considera como buena especie de tuna comestible, debido a sus efectos dañinos en el aparato digestivo. Sin embargo, tiene regular aceptación en el mercado en su tiempo de madurez, pues como es muy precoz, madura este fruto antes que las demás especies de tunas conocidas; pero habiendo otra clase de tunas,

deja de tener aceptación.

Este nopal ocupa el primer lugar por su importancia como forrajera en el distrito de San Luis de la Paz, Gto., debido a que se desarrolla en gran escala en los potreros y agostaderos.

9.- NOPAL INERME O SIN ESPINAS.- Existen algunas variedades de nopal que se llaman así, porque carecen casi completamente de espinas largas, aunque tienen espini-llas o ahuates.

10.- NOPAL DE TUNA BLANCA (Opuntia spp.).- No se ha llegado a la clasificación específica de las variedades "blanca" de Ocampo, Gto., o de Escobedo, Coah., posiblemente sea la misma especie. Ambas son muy semejantes en sus características morfológicas, pero la planta de Escobedo tiene un número mayor de espinas en las aréolas; 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.

Como resultado de los trabajos de mejoramiento del nopal, se obtuvo la variedad conocida como Tlaconopal (Opuntia inermis). Esta variedad produce brotes carnosos y con muy poca espina y tiene la ventaja de que su sabor no sea agrio.

Además de la variedad Tlaconopal, se obtuvo en el mismo estudio la variedad COPENA F-1 de triple propósito (verdura, fruto y forraje), cuyos brotes son más delgados

que los de Tlaconopal, pero son igualmente sin espinas, con poca baba y no son agrios.

Esta variedad tiene la ventaja de que produce nopalitos de excelente calidad e igualmente tunas blancas y dulces y, si se desea, sus pencas pueden ser utilizadas como forraje en la alimentación de vacas, caballos o borregos, sin que haya problemas de diarrea.

Algunas de las variedades que se recomienda sembrar son: Copena T No. 5, Copena T No. 3 y Copena No. 2, que se caracterizan por ser plantas de excelente vigor, con presencia de espinas y de producción de frutos con pesos promedios superiores a los 110 gr, los cuales contienen 12 a 14% de azúcar, son de pulpa blanca y de buenas características para el mercado.

El período de cosecha comprende de la segunda quince de junio a la segunda de agosto. Los rendimientos promedio oscilan entre 16 y 17 ton. de fruta por hectárea.

2.9 Sistemas de Mejoramiento

El desarrollo que experimentan los óvulos o rudimentos seminales después de la fecundación para transformarse en semillas, implica una serie de cambios estructurales.

Las semillas de las cactáceas presentan variaciones en forma, tamaño, estructura y color de la testa y en

las características del embrión y de los almacenadores de sustancias nutritivas. Estos caracteres son de gran importancia fitogenética y taxonómica.

En una semilla madura hay que considerar varias partes: el embrión, el perisperma, la testa, el micrópilo, el hilo, así como la carúncula, el estrófilo y la cobertura funicular.

El embrión es el primordio de la planta y en él están esbozados los órganos fundamentales. En las cactáceas es grande y ocupa toda la cavidad de la semilla; consta del tallito o eje primordial, la radícula y los cotiledones, el epicótilo y el hipocótilo corresponden a las zonas del tallo situadas arriba y abajo, respectivamente, de la inserción de los cotiledones; en el ápice del epicótilo existe un meristema embrionario a expensas del cual se desarrollará, al efectuarse la germinación, la parte aérea de la planta.

El embrión posee cotiledones grandes y curvos y el hipocótilo delgado.

El endosperma es un tejido de almacenamiento que se forma en el saco embrionario, al efectuarse la fecundación y que es digerido por el embrión durante su desarrollo.

Las semillas están cubiertas por la testa que procede de los 2 tegumentos de los rudimentos seminales. Cada tegumento consta de 2 capas de células que aumentan en

la región micropilar. El tegumento interno deja una pequeña abertura que es el micrópilo, el extremo es más corto, no llega al micrópilo y sus células contienen abundantes taninos responsables de la dureza de la testa y de su color más o menos oscuro. La testa varía en color, resistencia y ornamentación; sus colores más frecuentes son castaño, anaranjado, café y negro en diversas tonalidades. La testa casi siempre está provista de ornamentaciones que dependen de la forma y accidentes de las membranas de las células de la capa externa, tales como: engrosamientos, encomimientos, abombamientos o hundimientos a estructuras reticuladas, corrugadas, faveoladas o tuberculadas.

Las células de la testa producen pelos finos, por lo que las semillas se encuentran revestidas por una masa lamosa.

En el género Opuntia el fonículo que rodea a la semilla desde el estado de óvulo, se adhiere a los tegumentos y se endurece fuertemente; por lo tanto, no forma parte de la testa ni es un arillo, es una cobertura que posiblemente sea una adaptación que proteja a la semilla.

El hilo es una cicatriz que deja el fonículo en la semilla al desprenderse cuando madura, y su forma, tamaño y posición son variables.

El micrópilo formado ya desde el óvulo, es el pequeño poro que deja el tegumento interno y por el cual saldrá generalmente la radícula del embrión durante la germinación.

Las semillas de las cactáceas son diseminadas según los tipos zoócoros o barócoros. En el primer caso lo hacen las hormigas al transportarlas a sus nidos, o las aves y mamíferos cuando las ingieren y eliminan con sus deyecciones; en el segundo caso es la acción de la gravedad de la lluvia torrencial y de los vientos huracanados que las desplazan de los frutos maduros y desecados, y las esparcen. Las semillas, que como resultado de este éxodo, quedan situadas en condiciones propicias de suelo, temperatura y humedad, germinan después.

La plantura es el embrión desarrollado como consecuencia de la germinación, o sea, la planta recién germinada.

La reproducción de las cactáceas tiene lugar como en las demás fanerógamas, por multiplicación vegetativa o por medio de semillas.

En las cactáceas la multiplicación asexual puede realizarse por medio de los tallos y del pericarpio de algunos frutos, debido a la actividad de las aréolas vegetativas, si conservan activos sus tejidos embrionarios. En el caso de la multiplicación, a partir de las aréolas basales del tallo, se forman clones de ramas más o menos numerosas, que puede a veces estar constituidos por cientos de individuos.

Este modo de multiplicación, que se lleva a cabo en poco tiempo, es aprovechado por los campesinos para

propagar los nopales sembrados (pencas o fracciones de pencas).

La reproducción por semillas es frecuente; la formación de híbridos y de posibles mutanes, en donde se aprecian algunos cambios morfológicos.

La variación de las especies que es tan frecuente en las cactáceas y que causa tantas confusiones a los taxónomos, pueden haberse realizado por cambios genéticos o por simples alteraciones de las condiciones ambientales, que suelen afectar, por ejemplo: la talla, la coloración de la flor o la longitud de las espinas.

Aunque los frutos de las cactáceas, como los de otras familias, producen generalmente numerosas semillas; muy pocas son las que llegan a germinar y a desarrollarse, a manera de producir nuevas plantas por lo adverso del medio que son víctimas por parte de las hormigas, aves y mamíferos, al servirles de alimento. Por las condiciones desfavorables para la germinación a que quedan expuestas frecuentemente al ser diseminadas y por la falta de microclima que proteja el desarrollo de las plantas, en tanto éstas llegan a formar sus tejidos protectores y de almacenamiento.

Es indispensable para la germinación de las semillas y durante el lento crecimiento de las plántulas (5 a 10 años), del convivio con los árboles y arbustos de

la vegetación de las zonas áridas, tales como el palo verde (Cercidium microphyllum), el mezquite (Prosopis juliflora) y otros; en tanto, forman el tejido de almacenamiento del agua que les permita resistir a la sequía. La sombra que proyectan dichos árboles y arbustos atenúa los efectos de la insolación, altas temperaturas y sequía del viento. Factores letales que causan la pérdida de grandes cantidades de plántulas. Sólo los individuos adultos que ya han desarrollado sus tejidos de almacenamiento de agua, pueden seguir viviendo.

De ésto se deduce que la destrucción de la vegetación arbustiva de las zonas áridas afectará en un futuro próximo las poblaciones, reduciéndolas hasta su exterminación.

2.10 El Nopal Forrajero en Nuevo León

La ganadería mexicana está en constante aumento y consecuentemente la producción pecuaria de las zonas áridas del país ha seguido la misma trayectoria, pero en esos lugares los hombres de campo se enfrentan al problema de la escasez de forraje durante una porción considerable al año.

En el noroeste de México se considera al nopal como un forraje complementario o de emergencia, especialmente en épocas de intensa sequía, cuando escasean o son antieconómicos otros alimentos. Además, forma parte integral

de la dieta usual, agregando algunos concentrados, principalmente: harinolina, mascarrote o cascarilla.

Durante la sequía de 1950 a 1957 que sufrió Texas, se alimentó al ganado casi exclusivamente con nopal y, aunque los animales enflaquecieron, posteriormente recuperaron su peso normal al darles concentrados. Puede decirse, en general, que proporcionar nopal únicamente no es una práctica recomendable, pero cuando faltan otros pastos sirve eficazmente para que los animales no mueran de hambre y de sed.

2.10.1 Especies de Nopal

Las especies de nopales empleadas como forraje en Nuevo León, son las siguientes:

Nopal de espina amarilla	<u>Opuntia chrysacantha</u>
Nopal de penca redonda	<u>Opuntia lucens</u>
Nopal común	<u>Opuntia tencaspina</u>
Nopal rastrero	<u>Opuntia rastrera</u>
Nopal coyotillo	<u>Opuntia azurea</u>
Nopal duraznillo	<u>Opuntia cantabriensis</u>

2.10.2 Composición del nopal

Su composición química es variable, según la especie,

la edad de la planta, la época del año, las lluvias más o menos recientes, etc.

2.10.3 Reproducción del Nopal

La reproducción silvestre del nopal se lleva a cabo en cualquiera de las siguientes formas:

- 1.- Dispersión de las semillas, provenientes de las tunas, por los pájaros que las depositan junto con las deyecciones a campo abierto.
- 2.- Los pastores de cabra u ovejas acostumbran cortar el borde superior de las pencas, los cuales enraizan aproximadamente en un 30%.
- 3.- Cuando se chamusca el nopal ligeramente antes de cortarlo (en la actualidad prohibido), los animales en su esfuerzo por comer, tiran un número considerable de pencas, las cuales arraigan en regular cantidad.

Para propósito de siembra, los procedimientos son los siguientes:

- a). VEGETATIVO: Empleando pencas.
- b).- POR SEMILLA: Procedimiento tardado, pero es muy útil, sobre todo en el estudio de los genéticos.

En el método vegetativo pueden usarse porciones de

pencas conteniendo una o varias yemas, aunque esto no es muy recomendable por existir el peligro de pudrición, ya que la herida es de consideración y el porcentaje de enraizamiento es sólo de un 30%, pero por otro lado se simplifica el problema del transporte.

Cuando se emplean para plantación pencas enteras, el peligro de pudrición es mucho menor, puede haber hasta un 95% de arraigamiento y el nopal se desarrollará más rápidamente. Si existen nopaleras cercanas que garantizan la fácil adquisición, se pueden plantar varias pencas unidas, de 3 a 10, y éste es el procedimiento más recomendable.

Las pencas seleccionadas para la siembra deben tener de 2 a 3 años, pues son las que emiten brotes más vigorosos; las pencas de mayor edad los desarrollan, pero de menor calidad y las muy jóvenes no llegan a reproducirlos.

2.10.4 Consideraciones sobre Cultivo

En vista de que en años recientes se ha observado que algunas de las especies de nopales introducidas son susceptibles a las heladas (por ejemplo, Opuntia megacantha) se considera conveniente emplear las especies regionales. Entre las de mayores posibilidades está Opuntia leucaena (nopal de penca redonda), cuyo centro de distribución

se localiza en la zona de Chinas, N.L. y Opuntia chrysacantha (nopal de espina amarilla), siendo su centro de distribución en la parte oriental del Estado. Aparte de sus características biológicas se ha notado que estas especies tienen buena aceptación en el mercado por parte de los ganaderos.

Tomando en cuenta lo anterior, se considera que la explotación del nopal forrajero bajo cultivo, se podría establecer preferentemente en la parte noreste del Estado, en los municipios cercanos a Monterrey, que tendrían la ventaja de su cercanía a los centros de consumo y además un habitat adecuado para las mencionadas especies.

El tamaño de la explotación dependerá de varios factores tales como: el precio del terreno, capital a invertir, habilidad agronómica y administrativa, etc. Para una explotación en escala comercial, el tamaño debe ser lo suficientemente grande para permitir que los diversos insumos de la producción invertidos en la obtención del nopal forrajero, arrojen un ingreso adecuado. Debe pensarse también, cuál será el tamaño de la explotación que cada individuo pueda administrar eficientemente lo que dependerá de sus otras actividades.

2.10.5 Inversión en el Terreno

El tipo de explotación exige tratar de reducir la

inversión inicial al mínimo, de tal manera, que resulte costeable; la elección del terreno es lo más importante, no tanto en sus condiciones físicas, sino en su localización. Si se toma en cuenta que se trata de un cultivo rústico y que tiene por objeto la utilización de tierras no aptas para otros cultivos, el tipo de terreno que conviene usar es el de agostadero, del cual variará el precio, dependiendo desde luego de su cercanía a las poblaciones, carretera, etc.

2.10.6 Rendimiento del Nopal

Varios autores no coinciden en la cantidad que rinde una hectárea de nopal forrajero, pero basándose en los datos obtenidos en el Campo Agrícola Experimental de Apodaca, N.L., se recomendará un sistema rotativo de cosecha, que consiste en lo siguiente: dividir el terreno en cuatro partes, aproximadamente iguales (A-B-C-D), en tal forma que al primer año de producción se corte la parcela A, dejando solamente la base de la planta para que retoñe nuevamente; ese mismo año las parcelas B, C y D recibirán cortes parciales, según el número de pencas nuevas que hayan brotado. Al año siguiente, la parcela B es la que recibe el corte total y las C, D y A reciben cortes parciales; y así sucesivamente hasta

volver a un corte total de la parcela A. De esta manera la planta tiene tiempo de desarrollar y se anticipa que rendirá más. Así se calcula que el corte total producirá unas 95 ton/ha; el corte parcial el primer año 18.8 ton; el de segundo 37 toneladas; y el tercer año 70 toneladas, lo que hace un promedio anual de 55 ton/ha.

2.10.7 Distancia de Siembra y Densidad

La distancia de siembra es muy variable, sin embargo para evitar excesiva competencia entre las plantas se recomienda, en general, establecer la plantación a 2 metros entre plantas y 2 metros entre líneas, aunque por supuesto ésto dependerá de las condiciones del terreno, precipitación, etc. Con esta disposición se tendrán unas 2,500 plantas por hectárea, o sea, que se necesitarían alrededor de 5,000 kilos de pencas para la siembra de una hectárea; considerando una pérdida de 33%, debido al transporte, manejo y selección de las mejores plantas serían necesarios 6,850 kilos de pencas para la siembra.

2.10.8 Preparación del Terreno

El nopal puede sembrarse como lo acostumbran regionalmente, dejando caer las pencas al azar en el terreno, lo que ahorra las labores preliminares del cultivo. Pero

si el lugar lo amerita, debe efectuarse un desmonte antes de la siembra y se aconseja que las pencas sean enterradas. El costo de la labor desmonte, está íntimamente ligada al tipo de suelo y a la vegetación.

El tiempo improductivo del cultivo es de unos 4 años, por lo cual los gastos que se hagan en este período podrán ser amortizados en 10 años.

2.11 Importancia Socioeconómica

Las cactáceas son de especial interés científico, dada su extrema adaptación a las condiciones secas o xerófitas y también poseen gran importancia económica. Sus peculiares formas y sus magníficas flores les han conferido un lugar importante en los invernaderos y producen viva impresión a los viajeros en los trópicos de América por su adaptabilidad al medio. El uso de los cactus como plantas de ornato para jardines roqueros y bajo condiciones inusitables se ha extendido hasta alcanzar gran importancia económica. En México se usan algunas especies para formar seres vivos y los frutos de otras son dulces y de buen sabor, aunque su uso es más bien local.

Los tallos de otras especies, particularmente los nopales, son nutritivos, pero su compacta estructura y sus punzantes espinas impiden que se usen más extensamente

en la alimentación del ganado, aún cuando ya se cuenta con dispositivos para destruir las espinas y fragmentar las pencas.

El nopal es muy valioso para los habitantes de las zonas áridas, debido a su enorme resistencia en las condiciones ecológicas que dominan esos climas.

En muchas regiones ganaderas, sobre todo en el norte de la República, como Monterrey y Saltillo, el nopal es un recurso forrajero que debe protegerse de la explotación irracional como, por ejemplo: el pastoreo directo o el corte excesivo practicado por el hombre.

En la mayoría de los daños, estas prácticas contribuyen a la desaparición de los nopales.

Según los análisis hechos por la Dirección General de Agricultura, el nopal tiene aproximadamente 90% de agua. Esto explica por qué los ganaderos recurren a él para salvar a sus animales durante los periodos de sequía prolongados, cuando se agotan los pastos.

No solamente sirve en casos de emergencia, cuando los otros forrajes se vuelven escasos o costosos. También puede emplearse con provecho en la alimentación diaria normal. Por ejemplo: un lote de vacas lecheras fueron alimentadas con éxito durante dos años con nopal y alimentos concentrados.

En el Estado de Zacatecas se calcula que cada nopal

produce alrededor de 10 kg de tuna, o sea, 10 ton/ha, que da un total de un millón de toneladas de tuna por año.

Sobre la base de un millón de toneladas de producción anual de tuna, tenemos los siguientes resultados:

CASCARA.- Representa aproximadamente el 52% del contenido del fruto, o sea, 520,000 toneladas que al someterse al secado directo se reduce 5 veces, con lo que se obtienen 104,000 ton. Este material puede usarse en la alimentación del ganado mayor como material de lastre.

JUGO Y PULPA.- Representa aproximadamente el 41% del contenido del fruto, lo que significa 410,000 toneladas con un contenido de azúcares de 9% en promedio, o sea, unas 37,000 toneladas.

SEMILLA.- Un índice de la digestibilidad de las grasas puede ser su contenido de ácidos grasos no saturados, la determinación cuantitativa de la inserción de dichos ácidos, se realiza por medio de la reacción conocida como índice de yodo. La semilla representa el 7% del contenido total de la tuna (base seca), o sea, que sobre la misma base de un millón de toneladas de materia prima, se obtendrían 70,000 toneladas de semilla. El contenido de dicha semilla es:

Proteína bruta	10.3 %
Grasa	11.5 %

Fibra cruda	46.4 %
Extracto libre de N	30.0 %
Cenizas	1.8 %

Por tanto, de las 70,000 toneladas de semilla se obtendrán sensiblemente 8,000 toneladas de aceite.

Una vez extraído el aceite de la semilla, que dan en números redondos 62,000 toneladas de una pasta con un contenido protéico que sube a 11.6%.

Esta pasta comparada con la de soya tiene un contenido protéico de 50%.

2.12 Cosecha, Selección y Empaque

La madurez de la tuna se reconoce fácilmente por el cambio de coloración que manifiesta la fruta en sus dos terceras partes. La recolección de la cosecha se lleva a cabo usando guantes y cuchillo, teniendo cuidado que al separar la fruta de la penca no se desprenda el pedúnculo, ya que se reduce el período de duración entre la fecha de la cosecha y de consumo, al quedar expuesto el fruto al ataque de hongos por la herida que se le causa.

La época de cosecha depende de las variedades y regiones en donde se cultive; pero, en general, el período de producción es durante los meses de junio a noviembre.

La selección de la tuna consiste en eliminar la fruta que se encuentra dañada por plagas, enfermedades, raspaduras y exceso de maduración; posteriormente se clasifica en primera, segunda y tercera calidad, dependiendo del tamaño.

En el mercado nacional el tipo de empaque utilizado para el envío de la fruta es en cajas de madera, con un peso aproximado de 35 y 45 kilos, los cuales se cubren con hierbas, papel, etc.

Para el mercado internacional se utilizan cajas de cartón o madera con peso de 10 kg. -aproximadamente- cubriendo cada fruta con papel celofán, al cual se le imprime una leyenda con las instrucciones para su consumo.

2.13 Cultivo y Aprovechamiento de la Cochinilla del Nopal

Considerando que la cochinilla del nopal es la única plaga de este cultivo de la que se pueden obtener grandes beneficios económicos si se cultiva adecuadamente, es necesario establecer algunos lineamientos generales, mediante los cuales se puede aprovechar al máximo dichos beneficios.

Cuando las hembras se encuentran en período próximo de oviposición, el cual se presenta durante los meses de febrero y marzo, es necesario colocar éstas en depósitos cónicos que se pueden elaborar con zacate, tule, etc.,

y acomodarlas en los "brazos" (ramas) de la planta, con el objeto de que cuando emerjan las ninfas se distribuyan adecuadamente.

El clima propio para su óptimo desarrollo es el templado, ya que el frío y el calor perjudican grandemente a este insecto.

La producción de la cochinilla varía de 80 a 100 kg/ha.

La demanda de este insecto se ha incrementado al volverse a utilizar como colorante natural básico en la elaboración de cosméticos y como base para la elaboración de algunos tipos de pinturas rojas, debido a que los colorantes sintéticos están causando daños a la piel en el caso del uso en cosméticos. Los principales países que demandan esta fuente de colorante son: Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Japón y Francia, quienes están solicitando este material en cantidades del orden de 50 a 100 toneladas para cada país, lo cual resulta muy importante desde el punto de vista socioeconómico, ya que permite diversificar las actividades de las zonas semiáridas del país y lo que es más importante, que genera una enorme cantidad de trabajo para la mano de obra desocupada en el medio rural, llegándose a estimar que se requiere hasta de 40 personas/ha. durante gran parte del año, pero sobre todo durante la época de oviposición y recolec-

ción o cosecha de la cochinilla.

2.14 Cultivo y Aprovechamiento del Nopal como Forraje

El nopal cultivado para este fin resulta una fuente de riqueza inagotable, pues da origen a industrias derivadas cuando el nopal y la tuna se someten a diversos procesos.

Actualmente se han localizado 10 variedades de nopal forrajero que reúnen las características necesarias para utilizarse en la alimentación del ganado; se han tomado en cuenta las características: precosidad, desarrollo vegetativo de raquetas o pencas desprovistos de espinas; resistencia a plagas y enfermedades, valores nutritivos y que sean fácilmente aceptadas por el ganado. Algunas de las especies forrajeras son:

Nopal rastrero	<u>Opuntia rastrera</u>
Nopal rastrero	<u>Opuntia lindheimeri</u>
Nopal cuija	<u>Opuntia cantabrigiensis</u>
Nopal duraznillo	<u>Opuntia leucotrioha</u>
Nopal coyotillo	<u>Opuntia azurea</u>
Nopal tapón	<u>Opuntia robusta</u>

La variedad tapona es la que mayor respuesta da a las características buscadas, ya que sus pencas son gruesas y suculentas, sin espinas y con crecimientos que alcanzan hasta 2.50 mts. de altura.

Existen regiones de nuestro país donde las condiciones climáticas son en extremo difíciles y en las que en algunos casos no llueve durante años; por lo tanto, la escasez de humedad limita en extremo el desarrollo de las plantas en general, especialmente las de tipo forrajero; razón por la cual el nopal llega a tener vital importancia porque reúne las condiciones ideales para emplearse como alimento del ganado, proporcionando nutrientes y sobre todo gran cantidad de agua para el organismo de los animales, en virtud de que por las condiciones del clima requiere un gasto elevado de este líquido que se encuentra en las pencas de esta planta.

Una hectárea establecida de nopal forrajero con variedades sin espinas, plantada a una distancia de 2.5 mts. entre plantas y con igual distancia entre surcos, tendría una densidad de 1,600 sujetos por unidad de superficie, por lo que produciendo como término medio 30 pencas con peso de 1 kg/unidad, resultaría una producción de 48 toneladas y si el término medio para alimentar un animal es de 50 kgs. diarios, suponiendo que sólo se alimentará con nopal, se requiere 1.5 ton/mes para cada animal, por lo que requeriría de 6 toneladas de pencas por animal, luego entonces las 48 toneladas serían suficientes para mantener durante 4 meses a 8 animales.

El nopal se ensila picando las pencas en pequeñas fracciones y almacenándolas en silos especiales, o bien,

en el suelo formando zanjas cilíndricas. El ensilado resulta de sabor agradable y muy rico en succulencia por los compuestos orgánicos que se llevan a cabo por medio de la fermentación.

El pastoreo del nopal espinoso es prácticamente imposible. En ocasiones el ganado, hostigado por el hambre y la sed en la temporada de sequía, roe las pencas viejas menos espinosas, pero aún así se les clavan muchas espinas en la lengua y el paladar. El animal permanece con la boca abierta, no puede comer, enflaquece rápidamente y puede morir si no se le presta auxilio extrayéndole las espinas. Aún las cabras y las ovejas evitan comer este nopal en la mata. En cambio, en el caso del nopal inerme, es buscado por el ganado mayor y si el plantío de nopal de este tipo no es protegido debidamente con cercas dobles de nopal espinoso, acaba por desaparecer.

Se debe considerar el nopal como un alimento bruto succulento muy adecuado para producir buenas condiciones a los animales que sufren una prolongada alimentación con alimentos secos. El ganado que se alimenta casi exclusivamente de nopal, frecuentemente aparece como si estuviera purgado, pero ésto aparentemente no tiene consecuencias.

Se acostumbra suministrar nopal a las ovejas madres durante el período del parto, cuando el rebaño se contiene a base de alimentos succulentos, como pasto verde fresco,

heno de maíz tierno, pulpa de remolacha y otras sustancias análogas. Con una producción de 1000 ton/ha. y considerando una ración diaria de 7 kg/cabeza; una oveja consumiría al año aproximadamente 2.5 toneladas y la hectárea puede sostener 40 cabezas.

En los estados de Nuevo León y Tamaulipas, es común que se alimente con nopal al ganado lanar, en el cual se observa un notable aumento en la cantidad de lanolina. Esta grasa natural tiene mucha demanda y la lana más grasosa alcanza un mayor precio en el mercado.

Cuando las vacas lecheras se alimentan con forrajes secos, la mantequilla queda descolorida. Si se les da a comer nopal, se corrige rápidamente este defecto, igual que con los pastos verdes de primavera. Alimentando a las vacas durante el invierno con nopal en la ración diaria, la mantequilla seguirá teniendo el atractivo color amarillo durante todo el año.

El nopal puede conservarse en los potreros, debido a su armadura espinosa que mantiene alejados a los animales. Existen varios métodos para eliminar la armadura espinosa.

2.15 Métodos para suministrar el Nopal al Ganado

En las nopaleras a campo abierto el pastor amontona hierbas secas alrededor de la planta de nopal y les prende

fuego. Cuando el nopal queda enteramente chamuscado, el ganado lo come con avidez y desordenadamente, desperdiando buena parte de la planta. Este no es el único inconveniente de método tan irracional, sino que también el nopal se quema hasta el tronco ya que al pie de éste es donde el fuego es más vivo. Un nopal quemado de esta manera difícilmente volverá a retoñar.

Un procedimiento más racional consiste en cortar las pencas que se calcule podrá consumir el hato y chamuscar las aparte, en un fuego de grajeno, gobernadora, huizachillo, etc., debiendo preferir las plantas no aprovechables con el fin de eliminarlas poco a poco. Al cortar las pencas hay que respetar que tengan menos de 40 pencas y tomar en cuenta que entre más vieja es la planta mayor será el número de pencas que habrán de dejársele sin podar.

Las pencas deben sostenerse sobre la lumbre por medio de un machete o una horquilla, atravesando varias de ellas y deben darse vuelta para chamuscarse por ambas caras. Después de chamuscarlas convenientemente se recomienda dividir las en trozos medianos antes de darlas al ganado. En el caso de cabras y ovejas, algunos pastores acostumbran cortar el borde superior de la penca donde hay más espinas, dejando que el animal haga el resto, sin separar la penca de la planta. En este caso, los pastores deben arrojar los bordes cortados a unos 5 mts. o más de distancia y al arraigar, contribuirán a propagar la nopalería.

En los centros de población el nopal forrajero es transportado en carretas y se da al ganado, chamuscándolo en la forma descrita.

Hay una máquina despulgadora, que parte las pencas en pedazos pequeños al pasarlas por una especie de cuchillas rotatorias; pero lo más conveniente es el quemador de gasolina. Este aparato, parecido al soplete de los plomeros, produce una llama de casi medio metro de largo que se dirige sobre la superficie de las pencas para quemar las puntas de las espinas. Este aparato es barato y eficiente, ya que un obrero adiestrado puede preparar alimento para 500 reses con un gasto aproximado de 40 lts. de gasolina.

Otros métodos de preparación de las pencas son el de la cocción en calderos apropiados y el uso de las máquinas picadoras de nopal. Algunos ganaderos dejan fermentar el nopal picado, con lo que se ablandan las espinas.

2.16 Valor Alimenticio del Nopal Forrajero

La composición química de la penca del nopal es parecida a la de la remolacha forrajera. Los análisis indican resultados muy variables de acuerdo con la edad de la penca, la variedad, la época del año, la lluvia más o

menos reciente, etc.

Un promedio conservador es el siguiente, en porciento:

Agua	92.05
Carbohidratos	5.61
Cenizas	1.08
Fibra	0.65
Proteínas	0.52
Grasas	0.09
	<hr/>
	100.00

El porcentaje de materias asimilables, en relación con el agua, aumenta en la época de sequía, por lo que puede decirse que el nopal es el mejor alimento, precisamente cuando más se necesita.

Para forraje son preferibles las pencas de dos a tres años, pues son menos laxantes que las tiernas. Puede que mientras más turgente esté la penca al consumirla, mayor sea su efecto laxante. Sin embargo, parece que el chorrillo que provoca no causa ningún trastorno en la salud de los animales habituados al nopal. Se asegura que las pencas muy tostadas son de mayor efecto laxante que las que están simplemente chamuscadas. Si el ganado es alimentado con nopal puede subsistir desde 15 días hasta tres o cuatro meses sin tomar agua, lo que depende del hábito y de cierta rusticidad heredada en las zonas

desérticas.

Cuando los animales han sido sometidos a una dieta exclusiva de pasto seco y luego reciben el nopal, su aspecto mejora notablemente y ganan peso en poco tiempo.

Sin embargo, el ganado que solamente come nopal no se mantiene en buenas carnes, la producción de leche es escasa y pierde peso rápidamente cuando van camino del mercado. Los matanceros conocen, por el aspecto de los ojos y de la caja del cuerpo, si las reses son nopaleras y para fines de abasto las consideran como de segunda. Por consiguiente, es necesario agregar a la ración, alimentos que suplan la escasa cantidad de proteínas del nopal. En el área de la ciudad de San Luis Potosí los estableros consiguen muy buena producción de leche agregando alfalfa, salvado de trigo, harina de mezquite y otros concentrados a la ración diaria del nopal.

No hay diferencia apreciable entre la digestibilidad del nopal crudo y el chamuscado. En realidad un chamuscado ligero altera tan poco la condición de la penca, que una planta chamuscada ligeramente puede arraigar.

RENDIMIENTO.- Un plantío sobre el nopal rinde unas 25 toneladas de pencas por hectárea, cada año. Un plantío mediano produce entre 50 y 75 toneladas y las nopaleras muy buenas producen entre 100 y 125 toneladas de pencas al año. Es claro que una hectárea puede sostener de una

a cinco cabezas de ganado mayor anualmente, con las limitaciones ya indicadas. Si el plantío es de doble propósito, es decir para fruta y follaje, debe tenerse en cuenta que una poda enérgica provoca una abundante emisión de renuevos y una fructificación escasa.

2.17 Cultivo y Aprovechamiento del Nopal para Verdura

El nopal emite renuevos normalmente en las pencas de uno a dos años y a veces en las de más edad. Las pencas de dos años se reconocen fácilmente en el plantío, por las cicatrices dejadas por las tunas de la cosecha anterior. A veces en pencas de un año, al lado de las tunas se encuentran uno o dos renuevos o nopalitos. En la poda de tunillas tiernas, en ocasiones, brotan de la penca de un año, cuando se tiró un número excesivo de tunillas, uno o varios renuevos.

En los meses de marzo a mayo, cuando aparecen los renuevos con mayor refusión, si el año es lluvioso o hay riego, es común que nazcan renuevos durante buena parte del otoño.

Los nopalitos de no más de un mes y medio de edad son deliciosos para la alimentación humana si se les prepara en la forma debida, constituyendo una legumbre digna de figurar en la mesa del más exigente gastrónomo.

La extirpación de las espinas de los nopalitos es una operación difícil a mano y lo sería igualmente a máquina. La solución para industrializar el nopalito se ha encontrado en el desarrollo de un nopalito "manso", o sea, sin espinas.

El propietario de un plantío de nopal frutero debe tener en cuenta que cada nopalito arrancado significa de 12 a 15 tunas menos en la cosecha del siguiente año.

Algunas de las variedades utilizadas para el aprovechamiento de los nopalitos son:

Nopal cardón	<u>Opuntia streptacantha</u>
Nopal tapón	<u>Opuntia robusta</u>
Nopal duraznillo	<u>Opuntia leucotricha</u>
Nopal manso	<u>Opuntia megacantha</u>
Nopal común	<u>Opuntia ficus indica</u>

Los nopalitos del nopal son los más apreciados. Como las tunas de ambas variedades son muy poco apreciadas, el gusto por dichos nopalitos se ha formado a través del uso de continuos renuevos, sacrificados como nopalitos.

Para obtener un máximo rendimiento y calidad de las pencas del nopal que se utilizan para verdura, es necesario seguir las recomendaciones que a continuación se mencionan:

- Barbechar a 25 o 30 cm. de profundidad, con el objeto de intemperizar la capa inferior del suelo y eliminar

las plagas y nemátodos que atacan este cultivo; efectuar los rastreos que sean necesarios para terminar de acondicionar la capa arable.

- Nivelar el terreno, con el objeto de evitar que después del riego o de una fuerte lluvia se presenten encharcamientos y excesos de humedad en las partes bajas, o bien, resequedad en las partes altas, ya que el cultivo del nopal para verdura debe de recibir riegos de auxilio en las etapas críticas de su desarrollo.

- Las variedades adecuadas para el establecimiento de huertas de nopal para verdura, son aquellas que presentan características de pencas que carecen de espinas, gran cantidad de agua y poca fibra.

- La plantación de nopal para verdura debe llevar una densidad de 40,000 plantas/ha, las cuales estarán distribuidas a una distancia entre sí de 30 cm., contados de centro a centro de cada planta, quedando un claro libre entre plantas de aproximadamente 10 cm. sobre la misma hilera de cada surco, guardarán una distancia de 80 cm. entre uno y otro.

- Al mes o a los dos meses de efectuada la plantación, se aplica una capa de estiércol de ganado bovino o vacuno, de un espesor de 3 a 5 cm. sobre la hilera de plantas.

- Después de efectuada la plantación habrá que esperar un período de 2 a 3 meses para iniciar la cosecha de

brotos tiernos (pencas pequeñas) que serán aprovechadas como verdura.

- Los brotes tiernos del nopal son los que se utilizan como verdura, teniendo gran demanda durante los meses de febrero a abril, que es cuando alcanza su máximo precio.

- El rendimiento del nopal para verdura varía de 80 a 90 ton/ha, por lo que dependiendo de la época de cosecha se pueden obtener ingresos brutos por unidad de superficie, ya que aunque en los meses de febrero a abril alcanza su máximo precio; existen algunos meses del año en que no hay mercado y entonces la producción tiene que dejarse en el campo.

- Cuando la producción se tiene que dejar en el campo, a falta de mercado, se recomienda que las pencas se desarrollen, esperando poderlas de tal manera, que los brotes que aparezcan después de esta poda, coincidan con la época en que hay mercado y buen precio.

2.18 Cultivo y Aprovechamiento del Nopal para Fruta

El nopal emite sus flores de marzo a abril. La polinización es entomófila, cruzada. La posición elevada de los estigmas impide la polinización autógama, pero algunas docenas de insectos minúsculos, negros, no clasificados, pasan muchas horas merodeando entre los estambres y es

posible que también se efectúe la polinización de este último tipo. Es algo que no ha sido debidamente investigado. Una vez efectuada la fecundación se marchita y cae el perianto. La vida de la flor desde que abre hasta que cae es de 10 a 20 días.

En algunas tunas las flores resacas permanecen adheridas a ellas. En la época de pencas de nopal frutero deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Para facilitar la recolección, la altura de la planta no debe exceder de 1.80 mts.
- 2.- Las tunas brotan en pencas nacidas el año anterior, aún cuando también producen algunas pencas de dos años.

En la poda de tunillas tiernas, para que las restantes absorban todos los jugos de la penca, hay que considerar los aspectos siguientes:

a).- Contrariamente a la opinión general, no es la zona apical de la penca la más valiosa para la producción de tunas de una manera absoluta, sino que lo es la más asoleada. En las pencas situadas en posición E-W en nuestra latitud, es la cara al Sur la que presenta la casi totalidad de las tunas; en tanto que la cara al norte es casi improductiva. En las pencas situadas en posición N-S sí es la parte apical la que lleva las tunas. A veces el juego de sombras de las pencas vecinas modifican ligeramente

esta disposición. Como la cuadrilla de podadores recibe órdenes de derribar el número de tunillas excedentes, digamos de 12 en cada penca, el podador debe cortar en una penca E-W la mayoría de las pencas de la cara norte, procurando dejar en la penca las de la zona apical y las de la cara sur, bien distribuidas.

b).- En los años muy secos a veces se necesita efectuar dos podas, si por las condiciones del mercado se pretende cosechar exclusivamente tunas de primera.

c).- En muchas pencas se encuentran tunillas abortadas que los podadores no cortan por no desperdiciar el golpe. Estas tunillas abortadas crecen media pulgada más y si no se extirpan, absorben savia de la planta, perjudicando la producción de renuevos.

d).- La pequeñez de la tunilla y su corto número no ameritan, generalmente, que se le recoja para alimentar al ganado, pero sí pueden usarse para alimentación humana, siendo de sabor más delicado que el del nopalito.

Para cocinar se utilizan las tunillas cuyo botón floral represente cuando mucho un tercio de la longitud total de la tunilla. Las de botón floral muy desarrollado, las floreadas y las que ya tiraron la flor, deben desecharse.

Todas las precauciones que se toman en la cocción de los nopalitos, deben tomarse también con las tunillas, por su pequeñez, viscosidad y gran número de ahuates. Es más fácil mondar las tunillas que desespinar los nopalitos.

COSECHA DE LA TUNA.- Una vez efectuada la fecundación se ensancha el ovario para contener los funículos engrosados, llenos de materia azucarada, llevando cada uno de ellos una semilla. En la tuna tierna el mesocarpio carnoso forma las cinco sextas partes de la tuna. Durante la madurez, mientras aumenta la pulpa de espesor, va reduciéndose el mesocarpio hasta unos cuantos milímetros de grueso.

La madurez se muestra en la tuna por un cambio de coloración, variable según la especie.

La tuna que va a ser transportada a largas distancias se corta "sazona", es decir, semimadura. La que va al mercado local se corta bien madura.

Entre los métodos que se emplean para pizar las tunas, se cuentan los siguientes:

- 1.- Algunos campesinos comen la tuna al pie de la planta, cortándola con un cuchillo en la parte superior e incidiendo luego al mesocarpio de arriba a abajo. Con los dedos se extrae la pulpa, dejando la cáscara adherida a la penca.

2.- Cuando las tunas están en pencas muy altas, derriban la penca entera con una hoja de cuchillo en el extremo de una vara. Muchas de las pencas derribadas emiten raíces, siendo éste un procedimiento de propagación de las nopaleras silvestres y semisilvestres. Al cortar así las pencas, la siguiente brotación será sólo vegetativa y no de fruta.

3.- A veces las tunas se insertan en la horqueta de una vara larga, haciéndolas caer con un movimiento de torción. La tuna se maltrata mucho porque las fibras de la penca, al torcerse, dejan muchas veces un hoyo en la base del fruto.

4.- Para el mercado se cortan cuidadosamente con un cuchillo afilado. Usando guantes de cuero se ase el fruto entre tres dedos de la mano izquierda, se empuja ligeramente hacia un lado y se corta. Las tunas globosas (tapona, cardona) son más difíciles de cortar que las cilíndricas o periformes (amarilla, blanca, cristalina).

5.- En ocasiones, una pequeña porción de la penca se corta junto con los frutos para preservarlos de la deshidratación; se dice que las pencas derribadas con todo y tunas, las conservan frescas por dos o tres meses.

LA TUNA COMO FRUTA DE MESA.- Aún las tunas del nopal manso (sin espinas), llevan en su cutícula numerosos

ahuates que provocan muchas molestias a la mano desnuda. Si se desea que la tuna alcance la categoría de fruta fina de mesa, debe trabajarse cuidadosamente para eliminar las espinas y reducir o anular el número de semillas que contiene su pulpa. Actualmente los colchoncos de espinas se vuelven inocuos por cualquiera de estos procedimientos:

- 1.- Se "barren" con un manojo de hierba suave.
- 2.- Se cepillan con cepillo de fibras de maguey.
- 3.- Se sumergen en un balde con agua.
- 4.- Se cepillan en la misma planta y una vez cortadas se pasan por la máquina especial que barre los últimos ahuates y pule y bruñe el fruto.

Algunas tunas tienen espinas largas y finas, pero las tiran al madurar. Una vez quitados los ahuates, las tunas de la especie duraznillo (raras veces la cardona) se pueden comer con todo y cáscara. En la tuna duraznillo no puede desprenderse la corteza, como en las demás variedades.

En las regiones que bordean al Mediterráneo se cultiva una variedad de nopal de tuna sin semilla, con fines únicamente ornamentales. Es posible que a partir de esta variedad se logre genéticamente desarrollar un tipo de nopal frutero de tuna sin semilla.

VALOR ALIMENTICIO DE LA TUNA.- El porcentaje en peso, en que intervienen las distintas partes de la tuna, es el siguiente:

Agua	57.00
Pulpa seca	6.20
Semillas	3.40
Corteza	33.40

En el cilindro central, separado de la corteza, o sea en la pulpa, es donde se encuentra la mayor proporción de glucosa y proteínas, en tanto que en la corteza predominan el almidón y la dextrina. Los porcentajes son como sigue:

Pulpa:

Agua	90.00
Glucosa	6.00
Almidón y dextrina	2.70
Proteína	1.00
Ceniza	0.30
Grasa	huellas
	<hr/>
	100.00

Corteza:

Agua	88.00
Almidón y dextrina	4.00
Glucosa	0.15

Proteínas	0.35
Cenizas	0.40
Grasa	<u>huellas</u>
	100.00

La tuna es una fruta de fácil digestión y posiblemente se encuentren en ella diferentes vitaminas. En las temporadas de cosecha hay campesinos que comen 50 tunas de una vez y más de 100 al día sin sentir ningún trastorno, siempre y cuando se ingieran alimentos que contengan fibra pues en caso contrario se sufre de estreñimiento agudo, ya que la pulpa sólo contiene menos de 1% de fibra y la semilla no es digestible.

Dentro de las variedades de nopal frutero, tenemos diferentes especies tuneras, entre las que se encuentran:

Tuna amarilla	<u>Opuntia megacantha</u>
Tuna de castilla	<u>Opuntia ficus indica</u>
Tuna blanca	<u>Opuntia</u> spp.
Tuna cardona	<u>Opuntia streptacantha</u>
Tuna camuesa	<u>Opuntia larreyi</u>
Tuna fafayuca	<u>Opuntia amyclaea</u>

RENDIMIENTO POR HECTAREA.- Un nopal adulto, después de la poda de las tunillas y contando por lo menos con dos lluvias, durante el período de fructificación, puede madurar de 100 a 200 tunas de 60 a 120 grs. de peso,

cada una. Por hectárea, en los años buenos, el rendimiento - puede ser de 300 a 400 cajas de 30 kilos.

2.19 Industrialización

Diferentes instituciones han tratado de industrializar la tuna, pero a falta de continuidad no han llegado a finalizar los trabajos. La Comisión Nacional de Fruticultura ha obtenido a nivel de laboratorio, mermelada, peptinas para alimentación del ganado y una miel tipo maple con contenido de ácido ascórbico. Estos productos se obtienen a bajo costo por lo económico de la materia prima.

Se han obtenido otros derivados de la tuna como los colorantes naturales rojo 2, 4 y 46, los cuales se han venido elaborando en forma sintética; sin embargo, estos colorantes de elaboración sintética han sido prohibidos en los Estados Unidos de América por causar daños a la salud, de tal manera, que varias compañías norteamericanas se han interesado en los colorantes naturales obtenidos de la tuna. En el año de 1976 se empezaron a exportar a Los Angeles, Ca.: 100 toneladas de pulpa y concentrado de tuna roja silvestre, que fueron utilizados para dar coloración a diversos productos alimenticios, con resultados favorables, de tal suerte que estas compañías han seguido solicitando la pulpa y concentrado de la tuna silvestre, para extraer el colorante.

Siendo la tuna un fruto de fácil descomposición, la existencia de grandes plantíos de nopal frutero supone necesariamente la creación de establecimientos dedicados a absorber los excedentes de fruta no vendida, de fruta de calidad inferior y de la fruta que por cualquier motivo no se preste para venderla como fruta de mesa. En los Estados del Centro de la República existe una industrialización incipiente del fruto que sólo utiliza la pulpa como materia prima, eliminando como desperdicios o poco menos la corteza y la semilla, de las cuales todo lo demás se da a los cerdos. Tampoco han sido tocadas las posibilidades de industrializar las pencas.

2.19.1 Industrialización del Fruto

Las tunas privadas de la cicatriz floral y del extremo inferior, son hendidas en el sentido de su diámetro mayor, por medio de un corte que sólo atraviesa la corteza. Introduciendo los dedos a ambos lados del corte y presionando hacia arriba, emerge la pulpa, separada de la corteza. En ocasiones esta operación se simplifica aún más haciendo los mencionados cortes sin separar a la tuna de la penca, quedando adheridas a las cortezas, sin provecho alguno.

A partir de la pulpa, separada de la corteza, se desarrollan los métodos tradicionales con los cuales se prepara la melcocha, queso de tuna, miel, jalea, colonche

y pulque curado de tuna. Con el fruto entero, sólo quitada la cutícula, se prepara la tuna cristalizada. Algunos de los métodos tradicionales de elaborar estos productos son los siguientes:

a).- MELCOCHA DE TUNA.- La melcocha y el queso de tuna se preparan casi exclusivamente de tuna cardona y sólo ocasionalmente se le mezclan tunas de otras variedades. Se prefiere la tuna cardona y variedades afines, porque al exprimir la pulpa se obtiene un jugo muy espeso, con abundantes materias en suspensión; en tanto que las tunas mansas (blancas, amarillas, etc.) proporcionan un jugo muy delgado que no da cuerpo a la melcocha o al queso.

En las nopaleras se establecen campamentos dedicados a la elaboración de la melcocha y al queso durante los meses de agosto y septiembre, cuando la cardona alcanza su perfecta madurez. La pulpa, muchas veces se quita en el campo desperdiciando la corteza que queda adherida a las pencas. La pulpa se transporta al campamento en ollas de barro de 30 kilos de capacidad, sujetas a la espalda por medio de mantas de ixtle. Una vez en el campamento se desmenuza a mano la pulpa y se pone en "ayates" (prensas) de ixtle o de otro tejido, provistos en ambos extremos de una jareta, a través de la cual se hace pasar un larguero redondo de madera dura. Los bordes del ayate se superponen para cubrir bien la pulpa. Enseguida, un

operario hace girar uno de los largueros a la derecha y el otro hace girar el suyo hacia la izquierda, efectuando así un movimiento de torsión que fuerza a la pulpa a través del tejido en forma de un atolillo o jugo impuro. En el ayate quedan las semillas junto con las carnazas o parte viscosa de la pulpa. También se extrae el jugo de la pulpa usando tela de alambre en vez del ayate, o mediante la expresión mecánica.

El jugo obtenido se pone en cazos de barro o de cobre a fuego directo para que se concentre, meneando constantemente. Si se quiere que la melcocha o el queso salga del color natural de la tuna cardona, (lo que en algunos mercados es apreciado en otros no lo es) se pone en el caso poco jugo, pues si se pone mucho, habrá necesidad de menearlo con demasiada energía, lo que contribuye a su decoloración. Como en la generalidad de los casos se prefiere el queso claro, se pone en el cazo bastante jugo y se le menea enérgicamente con palas de madera para evitar que se pegue al recipiente y contribuir a decolorarlo. Cuando se aproxime el "punto de melcocha", debe disminuirse el fuego. Dicho punto se alcanza cuando al menear con la pala se ve el fondo del cazo, y entonces se retira la melcocha del fuego y se deja enfriar por 12 a 15 horas, meneando en tanto que se enfría para que no se agrie. Ya fría se embarra en latas alcoholeras o en cazos de barro de boca ancha. Para el consumo local,

a veces se envuelve en hojas de maíz.

b).- QUESO DE TUNA.- Una vez fría la melcocha es tomada por dos o tres operarios que, por turno, levantan la masa hasta arriba de su cabeza y la arrojan con fuerza sobre una piedra grande lisa, humedecida con agua. Esta operación se repite por 150 a 200 veces hasta que al levantar la pasta no quede nada de ella adherida a la piedra. Mientras más se golpee el queso, sale más duro y más claro.

El queso de tuna de primera, así formado, se coloca en moldes cuadrangulares de madera de pino blanco, humedecidos con agua, en los cuales permanece de una a dos horas. Al sacarlos del molde se ponen a aerear una alacenas abiertas, cubiertas con tela, durante 12 a 15 hrs. Luego se envuelven en papel grueso y exteriormente con papel celofán de diversos colores. Se fabrican quesos de tuna desde 1/2 kilo a 12 kilos.

A la hora del amasado se agregan las esencias que se desee: vainilla, anís, etc., y al depositarlos en los moldes se le puede clavetear con biznaga, almendras, piñones, etc. A veces se le entrevera una capa de melcocha, lo que les da un elegante aspecto al ser cortado.

c).- QUESO DE SEGUNDA.- En este queso, a medida que se evapora el jugo, se le agrega más jugo. Es de un color

muy oscuro. Se moldea en aros de madera, secándolos sobre petates. Se venden sin empaques de ninguna clase.

El análisis del queso de tuna es el siguiente:

Goma	2.49 %
Grasa	0.23
Glucosa	73.53
Albuminoides	5.25
Celulosa y otras	
materias	5.68
Cenizas	1.53
Agua	11.29
	<hr/>
	100.00 %

d).- MIEL DE TUNA.- La pulpa sin desmenuzar se coloca en cazos de barro o cobre y se cuece a fuego lento, más o menos durante 40 minutos. Mientras se cuece, se menea la pulpa con una paleta de madera, teniendo cuidado de no romperla. Transcurrido este tiempo se reduce el fuego y con mucho cuidado se trasiega la miel a un recipiente provisional, quedando la carnaza y la semilla en el fondo del cazo; se sacan y se vuelve a poner la miel en el mismo recipiente donde continúa evaporándose. De tiempo en tiempo se van agregando más tunas, apartando la carnaza y las semillas de las que se agreguen. Mientras el jugo es delgado la espuma es abundante, pero a medida que

el jugo espesa, disminuye la espuma. Esta espuma, puesta en un plato extendido y batida enérgicamente, es una golosina muy del agrado de los niños.

El proceso continúa hasta que las tunas cuyo jugo pueda contener el cazo se agoten, y cuando la miel alcanza el punto se retira del fuego y se vierte en artesas de madera, meneando constantemente mientras se enfría para que no se agrie. En las artesas se deja reposar la miel de 14 a 24 horas. Se envasa en botellas de vidrio o en cazos de barro.

e).- JALEA DE TUNA.- Para hacer la jalea se emplea tuna cardona bien madura. Se bate la pulpa suficiente en agua tibia. Las tunas deben desmenuzarse completamente, frotando enérgicamente las semillas para que se desprenda de ellas la sustancia pectinosa que contienen, que es lo que forma el "cuerpo" de la jalea. Se cuele en cedazo de mallas finas, agregándole una poca de azúcar y se pone a hervir a fuego mediano, cuidando de espumar constante mente pues de una buena espuma depende la transparencia del producto. El punto se alcanza cuando cuaja la jalea al depositar una poca de ella en un plato. En este momento se retira del fuego y se dispone en moldes de gelatina, si es para consumir en la mesa. Para la venta se envasa caliente, tapando herméticamente los frascos con los que se evita el gasto de la esterilización.

f).- COLONCHE.- La pulpa de la tuna cardona se coloca en ollas de barro previamente asoleadas, llenándolas hasta sus cuatro quintas partes. Se bat: enérgicamente con paletas de madera y se hierve a fuego m. o tres horas. Se retirará del fuego, se cuela eliminando la carnaza y las semillas. A veces se trasiega el jugo empleando un "acocote" semejante al empleado para extraer el aguamiel. Se deja enfriar el jugo y luego se le pone un poco de colonche viejo o xinaxtli y se deja fermentar. El colonche recién hecho posee bajo contenido alcohólico y es una bebida agradable y de aspecto atractivo, con el tiempo aumenta notablemente el contenido del alcohol.

2.20 Comercialización

La mayor cantidad de tuna se consume como frutas frescas, siendo los principales mercados de consumo los de la ciudad de México; Torreón, Coahuila; Monterrey, Nuevo León; Ciudad Juárez, Chihuahua; Guadalajara; Durango; Aguascalientes, Ags.; Puebla, Pue.; Matamoros, Tams.; y Chihuahua, Chih.

Asimismo, se han realizado exportaciones de tuna fresca a los mercados de Estados Unidos y Canadá; y a nivel de prueba a los de Francia y Japón, habiendo obtenido como resultado gran aceptación de la fruta por parte

de estos países, por lo que se considera que en caso de que hubiera un excedente de producción, se tendrían abiertos esos canales de comercialización que sumamente importantes desde el punto de vista de su potencialidad de consumo.

2.21 Datos Estadísticos

La superficie cultivada de nopal para tuna en el país es de aproximadamente 12,000 hectáreas en producción.

El volumen de producción de tuna cultivada es de aproximadamente 120,000 toneladas.

La producción media por hectárea en plantaciones comerciales de nopal para tuna es de aproximadamente 10 toneladas.

2.22 Estados Productores

Las entidades productoras de mayor importancia económica en el país, son las siguientes:

Zacatecas	3,200 has.
San Luis Potosí	2,600 has.
Hidalgo	2,000 has.
Estado de México	1,500 has.
Guanajuato	1,000 has.
Puebla	350 has.

Durango	400 has.
Tlaxcala	200 has.
Jalisco	150 has.
Aguascalientes	150 has.
Coahuila	150 has.
Nuevo León	100 has.
	<hr/>
	12,000 has.

2.23 Países Productores

La flora de México ha sido considerada como una de las más ricas y variadas del mundo; a ello ha contribuido su situación geográfica, lo accidentado de su fisiografía y sus climas variados, así como las intensas migraciones recibidas tanto de Norteamérica como de América del Sur y su notable grado de endemismo, el cual indica que México ha sido centro de diferenciación de géneros y especies, siendo monotípicos gran cantidad de ellos.

Elementos fundamentales de esta flora son las xerófitas que pueblan las extensas regiones áridas y subáridas, la región septentrional de la República y el suroeste de Estados Unidos, fueron centros de una flora mesófila, donde evolucionaron y se dispersaron hacia el Norte y hacia el Sur.

Por lo antes descrito, el primer país productor de

nopal es México; en segundo lugar, la parte sur de Estados Unidos.

Se encuentran distribuidos desde Canadá hasta el Estrecho de Magallanes en América del Sur.

Algunas especies de Opuntias se encuentran naturalizadas actualmente en la cuenca del Mediterráneo y del Mar Rojo, así como en los desiertos de Australia, a donde fueron llevados después del descubrimiento de América, pero su producción no se puede considerar importante.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y Características de la Zona

3.1.1 Situación Geográfica

Como ya se dijo, ocupa la porción sureste del Estado de Zacatecas, abarcando los 14 municipios siguientes, Zacatecas, Ojo Caliente, Cuauhtémoc, Genaro Codina, Villanueva, La Blanca, Pinos, Villa García, Loreto, Noria de los Angeles y Luis Moya. Se localiza entre los 21°30' y los 22°45' de latitud norte y los 101°15' de latitud oeste.

3.1.2 Orografía

El sistema montañoso está formado por derivaciones de la Sierra Madre Occidental, representadas por la Sierra de Zacatecas que desde el municipio del mismo nombre se extiende hacia el sur hasta el municipio de Cuauhtémoc; por las sierras de San Diego, Santa Elena, La Blanca y El Refugio, que recorren los municipios de Ojo Caliente, La Blanca, Noria de los Angeles, Pinos, Loreto, González Ortega, Villa García, Villa Hidalgo y Luis Moya. Más al sureste las sierras de los Angeles, la de Gallinas y

las de Pinos, recorren los municipios de González Ortega, Noria de los Angeles, Loreto, Villa García y Pinos. Al norte del municipio de Villa Nueva están los cerros de Chicomostoc.

Entre todas estas serranías existen desde luego planicies en forma de valles y cañadas, de muy diversas extensiones.

La altura sobre el nivel del mar de la región que nos ocupa varía desde los 1800 mts. en los municipios de Villanueva y Ojo Caliente, hasta los 3091 mts. que alcanza un pico ubicado en el municipio de Pinos. Sin embargo, la altura promedio es de 1900 mts.

3.1.3 Hidrografía

Corresponde a la vertiente del Pacífico, en la cuenca del sistema Lerma-Santiago. En éste último desemboca el Río Encarnación que a su vez recibe las aguas temporales del Río San Pedro Piedra Gorda.

Sin embargo esta zona está formada por una serie de valles escalonados y mal drenados; principalmente en la región de Ojo Caliente, la que al menos en apariencia es una cuenca sin drenaje superficial. El resto de la zona sólo posee arroyos temporales.

En cambio, hay abundancia de manantiales de agua

potable, aguas termales y aguas minerales; principalmente en el municipio de Ojo Caliente. Asimismo en el municipio de Pinos abundan los manantiales de agua salada.

En el municipio de Guadalupe hay una pequeña laguna llamada del Pedernalillo. En los municipios de Ojo Caliente y La Blanca se encuentran las siguientes lagunas: El Salado, El Saladillo, El Morro, El Tule y Santa Elena.

Por otra parte en el municipio de Guadalupe hay una presa llamada Casa Blanca y en el municipio de Villanueva otra llamada Atitanque.

3.1.4 Geología y Suelos

En las elevaciones abundan las calizas, así como las riolitas, las andesitas, los prófidos y otras rocas extrusivas. Todas estas elevaciones están fuertemente erosionadas. El material resultante es el que forma el relleno de los valles y planicies intermontanos.

El suelo de estas últimas partes corresponde casi exclusivamente al tipo de Castaño o Chesnut; son muy calizos y muy escasos en materia orgánica. En los municipios de Ojo Caliente y de Pinos hay lugares con acumulaciones de sales de calcio.

3.1.5 Clima

La escasez de estaciones meteorológicas en esta zona se suplió con los datos proporcionados por las estaciones ubicadas en municipios vecinos pertenecientes a los estados de San Luis Potosí y Aguascalientes.

En general, y con excepción de las partes más elevadas, la región tiene un promedio de 450 mm. de precipitación anual, con 50 días de lluvia al año y 17°C de temperatura media anual.

Su clasificación corresponde a seco, con invierno y primavera secos. Templado con invierno benigno.

3.1.6 Vegetación

En las planicies y lomas de poca pendiente, la flora está representada por árboles pequeños o arbustos grandes como mezquite (Prosopis juliflora), achote (Ipomoea murucoides); cactus como nopales de varias especies (Opuntia spp.), garambullo (Myrtillocactus geometrizans), órgano (Pachicerus marginatus), abrojo (Opuntia leptocaulis), otras plantas suculentas como palma (Yuca decipiens), magueyes (Agave spp.), etc.

En los valles con suelos profundos y agua freática, abundan los mezquites.

Este tipo de vegetación ha sido destruído cada vez

más, con el objeto de dedicar estos terrenos a los cultivos agrícolas.

Las partes más elevadas se encuentran cubiertas en algunos lugares con varias especies de encinos (Quercus spp.) y pinos (Pinus spp.).

Algunas cañadas que cuentan con algo de humedad, suelen estar pobladas por sauces (Saliz spp.) y algunos frutales.

3.1.7 Actividades Humanas

Con excepción de Ojo Caliente en el que existen algunos terrenos de riego, el resto de la región sólo cuenta con cultivos de temporal, por lo que la producción agrícola no basta ni para satisfacer las necesidades locales.

Parece que las actividades más productivas son la ganadería y la minería.

Existen, sin embargo, algunos plantíos de frutales, principalmente durazno y uva.

En los municipios de Ojo Caliente, Guadalupe, Cuauhtémoc, Genaro Codina, Zacatecas y Pinos, hay grandes plantíos de nopal de castilla. La tuna de estos plantíos sale en cantidades relativamente grandes para su venta, principalmente en las ciudades de Torreón, Cd. Juárez, Monterrey,

y Guadalajara, a donde se envían por ferrocarril o en camiones de carga.

De las abundantes nopaleras silvestres, formadas principalmente por nopal cardón (Opuntia streptacantha), se recolectan las tunas para elaborar queso de tuna, miel de tuna y colonche. Desgraciadamente estos productos tienen un mercado muy restringido.

Los municipios que a continuación se enumeran tienen grandes superficies que actualmente rinden ínfimos beneficios a sus poblaciones; éstos a su vez cuentan con muy pocas fuentes de trabajo, debido a las condiciones del suelo y clima de la región.

MUNICIPIO	SUPERFICIE
Zacatecas	691 km ²
Guadalupe	2,152
Ojo Caliente	751
Cauhtémoc	400
Genaro Codina	340
Villanueva	2,542
La Blanca	410
Pinos	2,813
Villa Hidalgo	330
González Ortega	420
Villa García	496
Loreto	335

MUNICIPIO	SUPERFICIE
Noria de los Angeles	300 km ²
Luis Moya	300
	<hr/>
	12,280 km ²

Estos catorce municipios zacatecanos suman una superficie de 12,280 km², o sea, 1'228,000 hectáreas. Se estima que por lo menos un 10% de esta área está cubierta de nopaleras (120,000 has. en números redondos).

Por otra parte, para efectuar una estimación aproximada de la densidad de nopales por hectárea, se hicieron diversos conteos en lugares representativos tales como Tancho Troncoso, Ejido El Tacualeche y Ejido Casa Blanca, en el municipio de Pánfilo Natera, que es por donde continúan hacia el sur esas mismas nopaleras. Igualmente se hicieron conteos en las lomas alrededor de la Presa Mal Paso, en Chicomostoc y en el Tepozán; en el municipio de Villanueva; en La Trinidad, del municipio de Pinos; en los ranchos El Visitador, El Fuerte y Maravillas en La Soledad, del municipio de Zacatecas.

En estos conteos se obtuvo un promedio de 1000 nopales cardón y 400 nopales duraznillo por hectárea, pues casi siempre se encuentran mezcladas estas dos especies. Existen individuos (tanto de nopal cardón como duraznillo) en los que pueden contarse más de 200 pencas en cada mata.

Asimismo, de todas las poblaciones recorridas, el

poblado denominado Ojo Caliente cabecera del municipio del mismo nombre, es el señalado por el Gobierno del Estado como posible sede para la industria proyectada. Por este motivo es necesario y oportuno, destacar sus principales características:

A).- El municipio de Ojo Caliente está ubicado en la porción central del área productora del nopal, pues colinda con los siguientes municipios: Guadalupe, Genaro Codina, La Blanca, González Ortega, Cuauhtémoc y Luis Moya. Todos éstos con grandes extensiones cubiertas de nopal.

B).- Esta región es una planicie sólo interrumpida por pequeñas serranías; la altura sobre el nivel del mar varía de 1800 a 2400 metros, siendo el promedio 2000 metros.

C).- Aparentemente se trata de una cuenca cerrada, pues como ya se ha expuesto, no se observa drenaje superficial. Por otra parte, la constitución geológica de la zona hace muy problemática la comunicación con otras cuencas.

D).- Carece de corrientes de agua permanentes, pero en cambio abundan las agua subterráneas. En el poblado hay 50 pozos y sólo la tercera parte de ellos alcanza profundidades mayores de 100 mts. Existe también un manantial de agua termal.

E).- La cabecera del municipio tiene aproximadamente 22,000 habitantes más una considerable población flotante, ya que este lugar es fuente de aprovisionamiento de los poblados vecinales.

La gran mayoría de sus habitantes se dedica a la agricultura con muy escasas utilidades, emigrando por temporadas, ya de braceros a los Estados Unidos o al vecino Estado de Jalisco.

F).- En este poblado entroncan las carreteras a México (vía corta) por San Luis Potosí; a México (vía larga) por Lagos de Moreno.

A 30 km. sobre la carretera a Aguascalientes está la Estación de San Francisco de los Adames; del ferrocarril que va hacia el sur a la Ciudad de México, hacia el noreste a Mazatlán y hacia el norte a Ciudad Juárez.

Hay también comunicación telegráfica, telefónica y postal.

G).- El poblado está a 2114 msnm y a 61 km. de la capital del Estado.

3.1.8 Aspecto Técnico-Económico

Según los datos expuestos, obtenemos en números redondos una extensión aproximada de 100,000 has. cubiertas de

nopal, con un promedio de 1,000 nopales por hectárea. Se calcula que cada nopal produce anualmente alrededor de 10 kgs. de tuna, o sea, 10 ton/ha, que dan un total de un millón de toneladas de tuna por año.

3.2 Materiales

Las especies de tunas utilizadas para este trabajo fueron coleccionadas de diferentes localidades, siendo las siguientes: tuna amarilla (O. megacantha) procedente de Ojo Zarco, Ahualulco, S.L.P.; tuna blanca cristalina (O. spp.) de Zacatecas, Zac.; tuna teca mazuda (O. streptacantha) de Soledad, S.L.P.; tuna cardona (O. streptacantha) de Soledad, S.L.P.; tuna camuesa (O. larreyi) de Pinos, Zac.; tuna amarilla (O. spp.) de Ibarra, Gto.; tuna fafayuca (O. amyclaea) de Ibarra, Gto. y tuna de castilla (O. ficus indica) de Ocampo, Gto.

3.2.1 Obtención del Jugo

La corteza de las tunas fue quitada usando un cuchillo de acero inoxidable; después la parte comestible fue prensada, utilizando una prensa de mano, con lo cual fueron eliminadas las semillas y parte de la pulpa. Finalmente se obtuvo el jugo, el cual se pasó por una manta de cielo y el residuo de pulpa fue exprimido. Algunos jugos

fueron acidificados con ácido cítrico, hasta obtener un pH inferior a 4.5.

3.2.2 Congelación y Enlatado

Parte de este material fue conservado en frascos de vidrio en atmósfera de Nitrógeno y colocados en un cuarto de congelación, a la temperatura constante de -15°C durante siete meses.

Otra parte del jugo se enlató de acuerdo con el siguiente procedimiento: el jugo fue transferido a lata No. 2½ y calentadas en un recipiente con vapor durante 30 minutos a la temperatura de 71°C , las latas después fueron cerradas en caliente. El producto se esteriliza a 100°C durante 110-120 minutos. Después se enfriaron las latas durante 20 minutos, usando agua a temperatura ambiente. Los jugos con pH menores de 4.5 fueron esterilizados durante 40 minutos a 100°C . El resto del procedimiento fue igual que en el caso de los jugos con pH mayores de 4.5.

3.3 Métodos

3.3.1 Sólidos Totales

De muestra representativa de tunas fue molida utilizando

una licuadora. Se pesaron 20 grs. de muestra en una lata de aluminio y ésta se colocó en baño de agua caliente durante 10 o 15 minutos, hasta expulsar la mayor parte del agua de las pastas o jugos; después el material fue secado colocándolo en una estufa de vacío a 27 pulgadas de Hg. y a la temperatura de 70°C durante 8 horas. Después fue enfriado en un desecador de cloruro de calcio y pesado nuevamente.

3.3.2 Sólidos Solubles

Se empleó el refractómetro Bausch & Lomb, los resultados fueron expresados como grados Brix a 20°C.

3.3.3 pH

Las determinaciones del pH fueron hechas utilizando un potenciómetro Beckman.

3.3.4 Cenizas Totales, Hierro y Calcio

Estas determinaciones se realizaron de acuerdo con el método oficial del A.O., A.C.

3.3.5 Acidez Total

Por duplicado se pesaron 10 grs. de muestra en vasos de precipitado de 250 ml. y se añadieron 200 ml. de agua destilada. La mezcla se tituló empleando NaOH 0.1 de Nitrógeno hasta alcanzar un pH de 8, utilizando el potenciómetro Beckman. Los resultados expresados como porcentaje de ácido cítrico.

3.3.6 Pectina Total

El contenido de pectina total en tunas fue determinado basándose en el método colorimétrico de McCready y McComb y modificado por Luh. Villarreal y Leonard: se hirvió en etanol una muestra representativa de 500 grs. de pequeños trozos de tuna para desactivar las enzimas, después la pectina fue determinada empleando una muestra de sólidos insolubles en alcohol. Para el propósito se utilizó verseno (sal sódica, del ácido etilendiaminotetracético) y pectinol D. Finalmente la determinación colorimétrica se efectuó empleando carbazol. Se preparó una curva standard utilizando soluciones de concentraciones conocidas de ácido galacturónico.

3.3.7 Vitamina C

El ácido ascórbico fue determinado, titulando la

muestra con solución de 2,6 diclorofenol indifenol, según el método publicado por la Asociación de Luímicos de Vitaminas. En el caso de los jugos rojos fue hecha una modificación al método para eliminar la interferencia de los pigmentos rojos; éstos fueron absorbidos en resinas catiónicas Dowx (en forma de Hidrógeno). Una vez obtenido el jugo, se procedió a hacer la titulación con la solución 2.6 diclorofenol indofenol, hasta obtener el punto de virerosa.

3.3.8 Carotenoides

Mediante este método se determinó caroteno crudo, el cual está constituido por una mezcla de carotenoides, en la cual generalmente predomina el caroteno.

Esta determinación se hizo de acuerdo con el método oficial (A.O.A.C.). La solución de caroteno en éter de petróleo fue determinada colorimétricamente.

3.3.9 Determinación de viscosidad

Se utilizó el viscosímetro Stormer, y como líquido de referencia se empleó agua destilada. Las determinaciones se efectuaron a 29.5%. Los valores encontrados fueron promedios de 5 determinaciones.

3.3.10 Pruebas de Preferencias de Sabor y Color

En estas pruebas intervinieron doce personas, las que calificaron a los jugos enlatados. Dichas pruebas fueron realizadas por duplicado; los valores promedio determinaron el orden de preferencia.

ANALISIS COMPARATIVO DE DIFERENTES FRUTAS

NOMBRE	SOLIDOS TOTALES	FIBRA CRUDA	N %	CENIZAS %	CAROTENO	VIT. C mg	TIAMINA mg/100 g.
Pera	19.7	1.8	.059	.34	.021	13.1	0.20
Plátano	31.0	0.5	.217	.75	.662	31.0	.037
Naranja	11.0	0.1	.074	.57	.047	51.0	.056
Durazno	21.7	0.6	.094	.53	.929	33.8	.030
Mango	20.1	0.2	.061	.44	1.023	7.8	.033
Tuna	19.0	4.3	.105	.33	.176	.003	.014
Tuna de Castilla	19.2	3.7	.101	1.08	.009	42.0	-

En este cuadro se presentan datos mencionados en relación al valor nutritivo de varias frutas comunes para compararlas con las tunas. En el análisis de las tunas se observó que su contenido es semejante al de otras frutas. Al comparar el contenido de la fibra cruda

las tunas resultaron contener cantidades relativamente altas de este material, que está formado principalmente de celulosa y lignina; sin embargo, es probable que la mayor parte de estas sustancias se encuentran en la corteza.

3.3.11 Otras Posibilidades del Nopal

3.3.11.1 Colorantes

En el Estado de Nuevo México se emplea el jugo de ciertas especies de tuna, afines a la cardona para la preparación industrial de colorantes inofensivos que se emplean en la elaboración de colorantes inofensivos que se emplean en la elaboración de dulces, refrescos, etc.

3.3.11.2 Caucho Sintético

Algunos técnicos españoles han probado que la explotación por hectárea de nopal en los desiertos de Almería, podría proporcionar, con la conveniente industrialización, unos 266 kg. anuales de caucho sintético.

3.3.11.3 Alcohol

El rendimiento de alcohol de la tuna es de un 25%

de su peso total. Se dice, aún cuando no está confirmado, que este alcohol sólo puede emplearse industrialmente, en virtud de contener sustancias nocivas para la salud.

3.3.11.4 Anticorrosivos

Una firma norteamericana de Detroit, Michigan, "The Cactizone Co.", fabrica un anticorrosivo a base de la materia viscosa o baba del nopal, que ha llegado a utilizarse en los pozos petroleros de Houston, Texas.

3.3.11.5 Papel

Las posibilidades del nopal para la fabricación de papel son nulas porque produce una pulpa frágil, debido al pequeño tamaño de la fibra y a su entrecruzamiento; además de que el rendimiento es muy bajo por el poco contenido de fibra de la penca.

3.3.11.6 Nopal Ornamental

El nopal se presta extraordinariamente para el adorno de interiores modernos por sus características que son las siguientes:

- 1.- Líneas aerodinámicas de la planta, que hacen juego

con la arquitectura y mobiliarios modernos.

- 2.- Vive en interiores, sin necesidad de luz directa del sol y casi sin riegos.
- 3.- No ensucia las habitaciones con hojas caídas ni desechos de otra clase.
- 4.- Su crecimiento es fácilmente controlable.
- 5.- Se defiende sólo de los niños.
- 6.- Sus flores y su aspecto siempre verde, son hermosos.

4. RESULTADOS

El nopal es una fuente importante de alimento para los habitantes de las zonas áridas de México, y forraje para el ganado en el tiempo de sequía.

En México se calcula que por lo menos medio millón de kilómetros cuadrados están poblados de nopal. Sin embargo, el Gobierno Federal no gasta dinero en su estudio y mejoramiento, y son pocas las comisiones nacionales que se preocupan por experimentarlo y mejorarlo.

Es una planta de origen americano adaptada a las diversas regiones geográficas del país. Por la trama que forman sus raíces, se impide en parte la erosión del suelo; a su amparo es posible el establecimiento de otros tipos de vegetación que sirve como primer paso en la conquista de los desiertos.

En muchas regiones ganaderas, sobre todo el norte del país, es un importante recurso forrajero, ya que contiene aproximadamente el 90% de agua.

Además se puede utilizar en la alimentación humana y su fruto es apreciado por su cantidad de sacarosa.

Su industrialización en el país es muy raquítica, debido a que no se ha motivado el interés por este cultivo.

Se conoce muy poco de su morfología externa y su anatomía, razón por la cual no se puede sacar a este cultivo del ambiente empírico en el que se ha venido desarrollando en México.

El nopal es un vegetal que se adapta a suelos de composición muy variable, aunque siempre requiere para lograr altos rendimientos un suelo rico en calcio, ya que es la planta forrajera más rica en calcio que probablemente produce la naturaleza.

Su gran capacidad de almacenamiento de agua y su enorme capacidad de producción, le permite producir más nutrientes que cualquier otra planta en condiciones similares; siendo factores importantísimos para la resolución del problema que se presenta durante las prolongadas sequías en que el ganado carece de alimento y agua para su subsistencia.

Las plagas y enfermedades que atacan al nopal son muchas y muy perjudiciales, ya que pueden acabar con nopaleras enteras sino se les controla debidamente.

El nopal responde muy bien a la aplicación de fertilizantes. Se aconseja aplicar de 50 a 100 toneladas de estiércol por hectárea y mezclarlo en los 25 cm. superiores del suelo. Esto puede complementarse con la aplicación de la fórmula 120-100-00, dividida en dos aplicaciones a principios y a fines de la temporada de lluvias.

Para producir el nopal, el procedimiento más eficaz es la reproducción agámica. La producción por la semilla está aún insuficientemente estudiada, sobre todo, no se han hecho siembras aéreas, las cuales se aconsejan durante épocas en que la sequía haya roto el equilibrio mediante el exterminio principalmente de las gramíneas, sequías que se presentan en algunas regiones cada 4 o 5 años.

Un terreno bien removido favorece el crecimiento y la fructificación del nopal, mientras que el sembrado en suelo compacto tiene un crecimiento lento y su fructificación es escasa.

En el terreno en donde se ha de establecer el huerto de nopal es necesario eliminar las malezas y árboles existentes, para evitar la competencia de los nutrientes.

El mes adecuado para la plantación es febrero, siempre y cuando el suelo tenga humedad suficiente, plantando en febrero las pencas, emiten sus primeros renuevos en la siguiente primavera.

Las pencas que arraigan mejor y emiten renuevos más vigorosos son las de dos a tres años; las de más edad emiten renuevos de calidad inferior y las muy jóvenes no llegan a producirlos.

Se han estado efectuando pruebas de injertos, haciendo uso de una técnica especial, ya que la presencia de espigas

y la forma plana de las pencas dificultan ligar con fuerza los tejidos que se tratan de unir.

Dentro del gran número de variedades catalogadas sólo unas cuantas muestran cualidades comerciales como planta grande, precoz, resistente a las enfermedades y a la sequía extrema, heladas, etc.

La selección de variedades es de gran importancia, debido a que algunas veces las variedades se comportan en forma diferente cuando son plantadas en lugares con distintas características de suelo y clima; también al hacer la selección se deberá tener en cuenta si se va a utilizar para producir forraje o para producir fruto.

La reproducción del nopal, puede ser como en las demás fanerógamas: por multiplicación vegetativa o por medio de semillas.

La multiplicación asexual puede realizarse por medio de tallos o de fracciones de penca. Este tipo de reproducción se lleva a cabo en poco tiempo.

En la multiplicación por semilla es frecuente la formación de híbridos y de posibles mutantes, en donde se aprecian algunos cambios morfológicos.

El nopal deberá ser objeto de una atención muy especial de nuestras autoridades, pues multiplicaría la capacidad de los terrenos ganaderos de nuestra Altiplanicie, y

permitiría una considerable mejoría en la condición de vida de sus paupérrimas regiones.

5. CONCLUSIONES

- 1.- Que en los 14 municipios mencionados, existe una área productora de tuna con una extensión del orden de las 100,000 has.
- 2.- En estos municipios la gente cuenta con escasas fuentes de trabajo.
- 3.- Esta región rinde ínfimos beneficios a la Nación y a sus pobladores.
- 4.- Actualmente la enorme producción de tuna cardona no tiene prácticamente valor comercial.
- 5.- El hecho de contar con materias primas para la alimentación animal a bajo costo, sobre la posibilidad de desarrollar las actividades pecuarias.
- 6.- Debe contemplarse la necesidad de incrementar en forma constante la producción de tuna para mesa, que aunque tiene mercado limitado y estacional, puede aportar un mayor ingreso al campesino.
- 7.- El producto conocido como queso de tuna ha perdido mercado, debido a la falta de control de calidad, por lo que es urgente establecer una fábrica que elabore un producto de calidad constante.
- 8.- Por su situación geográfica, sus facilidades e infraes-

estructura, se considera que el poblado de Ojo Caliente es el lugar indicado para crear el centro industrializador de la tuna.

9.- Con el objeto de aumentar la productividad de la zona, es urgente establecer un programa que abarque los siguientes aspectos:

- Aplicación de fertilizantes apropiados.
- Prevención y combate de plagas y enfermedades.
- Establecimiento de sistemas de poda.
- Sustitución de plantas caducas por plantas jóvenes.

6. LITERATURA CITADA

- 1.- BLANCO, M.G. 1958. El Nopal como forraje para el ganado en zonas áridas. Boletín del Banco Nacional de Comercio Exterior, S.A. México, D.F.
- 2.- BRAVO-HOLLIS, H. 1937. Las Cactáceas de México. Universidad Nacional de México. México.
- 3.- COMISION Nacional de Fruticultura. 1978. Programa Nacional de la Tuna y el Nopal. S.A.R.H. México.
- 4.- CORONADO, R. 1912. Estudios sobre las plagas del nopal con especial referencia a Lanifera cyclades. Boletín de la Dirección General de Agricultura. - San Jacinto, D.F. México.
- 5.- GARCIA Q.A. 1955. Hidrología de las zonas áridas de México. México, D.F.
- 6.- GONZALEZ, C.M. 1955. Observaciones y trabajos en las zonas áridas de México. México, D.F.
- 7.- I.T.E.S.M. Boletín Bimestral de la Escuela de Agricultura y Ganadería del I.T.E.S.M. No. 108. México.
- 8.- JOHNSTON, I.M. 1943. Plantas de Coahuila, Este de Chihuahua y regiones adyacentes de Zacatecas y Durango. Trad. Esc. S. de Agric. "Antonio Narro". México.

- 9.- LOZANO, G.M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopál. Tesis Esc. Sup. de Agricultura "Antonio Narro". Universidad de Coahuila.- México.
- 10.- MARTINEZ, M. 1959. Plantas útiles de la flora mexicana. México, D.F.
- 11.- MEDRANO, R.S. 1969. El nopál es originario de México. - México, D.F.
- 12.- MORENO, J. 1962. Datos sobre nopales tuneros e introducción al Estado de Nuevo León. Tesis. Esc. Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico de - Monterrey, N.L. México.
- 13.- PIÑA, L.I. Boletín informativo de la Biblioteca CIANOC.
- 14.- ROJAS, G.N. 1954. Los vegetales de climas semidesérticos. Boletín de Agronomía No. 33. Esc. Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico de Monterrey, N.L. México.
- 15.- ROJAS M.P. y A.C. 1959. Plantas Semidesérticas. Informe anual de investigación de la Escuela de Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico de Monterrey, N.L. México.
- 16.- ROJAS, M.P. 1961. Aprovechamos las zonas áridas: Cultive nopál tunero. Boletín Agronomía No. 79. Escuela de Agricultura y Ganadería. Instituto Tecnológico

co de Monterrey, N.L. México.

- 17.- RZEDOWSKI, J. Vegetación en las partes áridas de los Es
tados de San Luis Potosí y Zacatecas. México.
- 18.- TORAL, C. 1955. Estudio de la obtención de pectina a -
partir del nopal. Tesis Colegio Franco Mexicano
Monterrey, N.L. México.